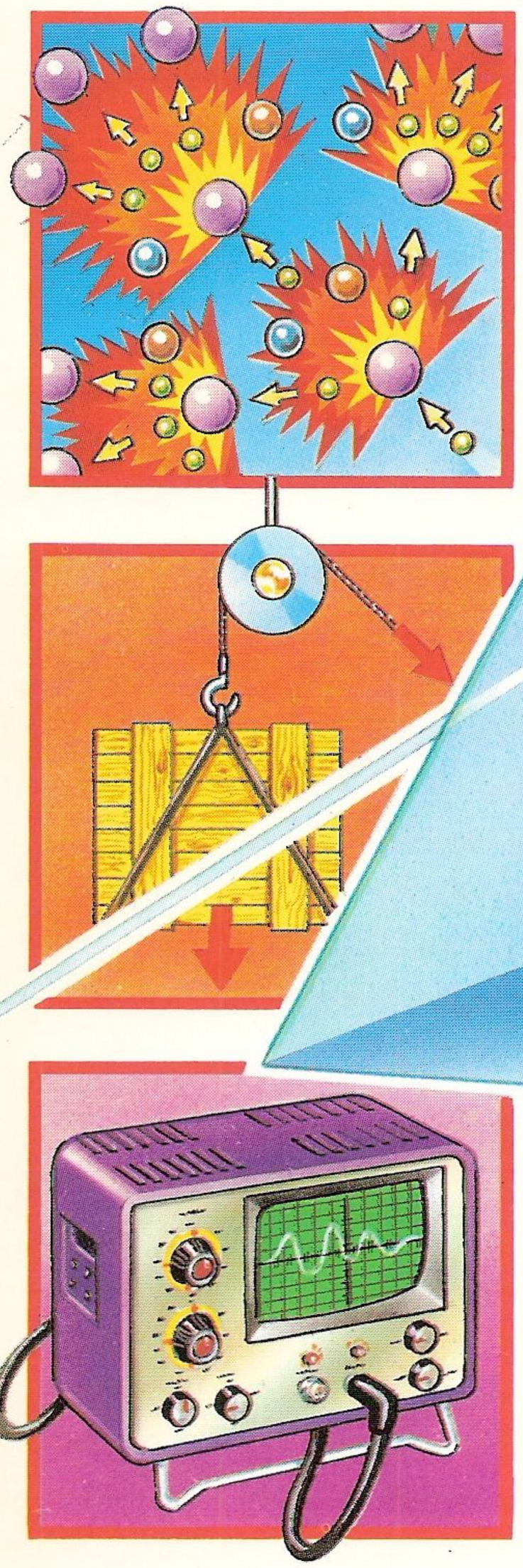
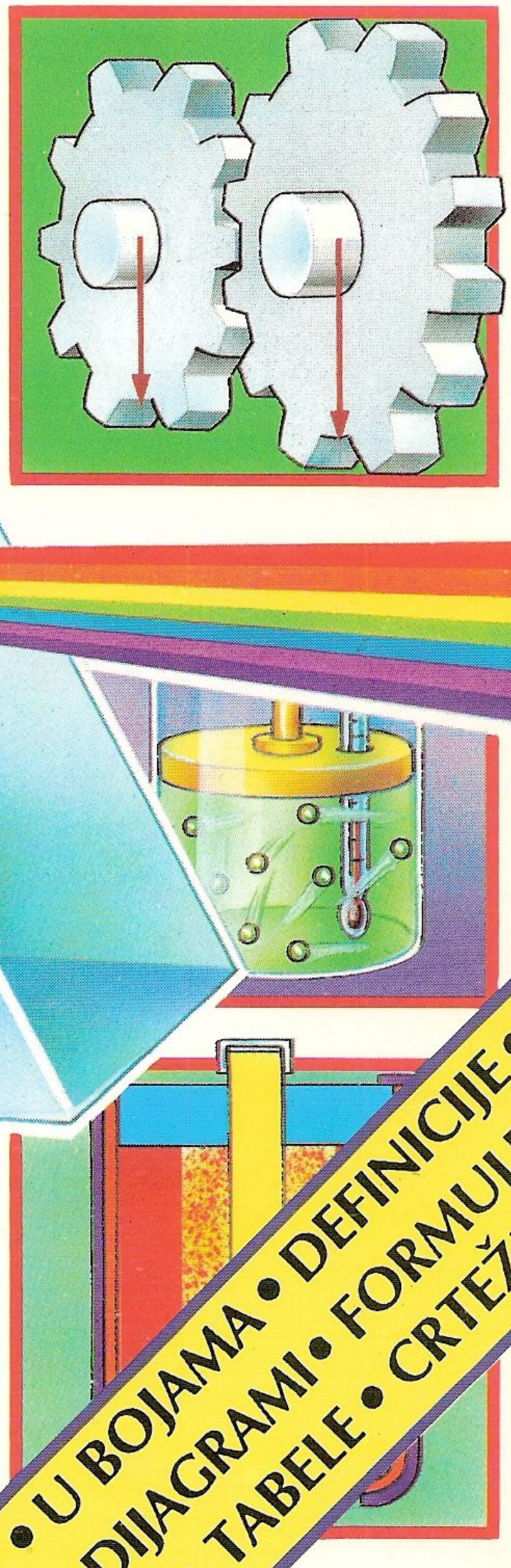
USBORNEOV ILUSTRIRANI

RJEČNIK FIZIKE

Osnovna znanja iz fizike u jednoj knjizi







• U BOJAMA • DEFINICIJE •
• DIJAGRAMI • FORMULE •
• TABELE • CRTEŽI •

USBORNEOV ILUSTRIRANI

RJEČNIK FIZIKE

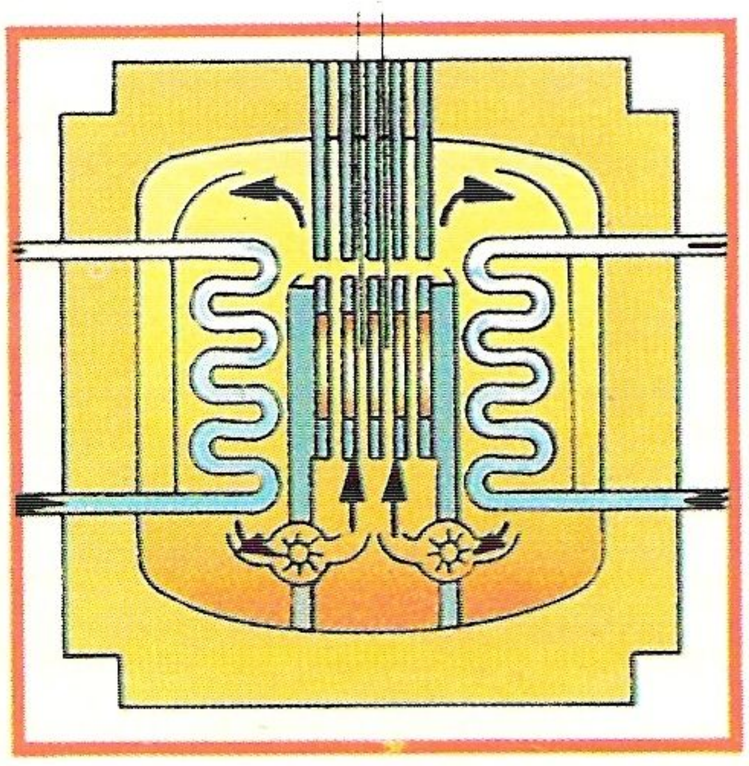
Chris Oxlade, Corinne Stockley
i Jane Wertheim

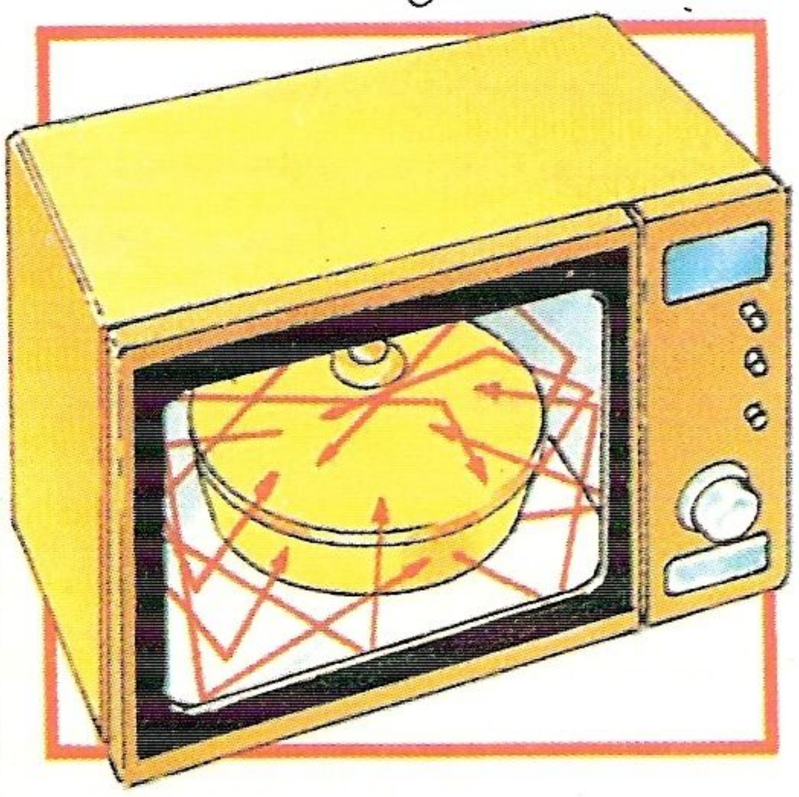
Dizajn
Chris Scollen, Stephen Wright i Roger Berry
Saradnici na dizajnu
Iain Ashman, Anne Sharples i Camilla Luff

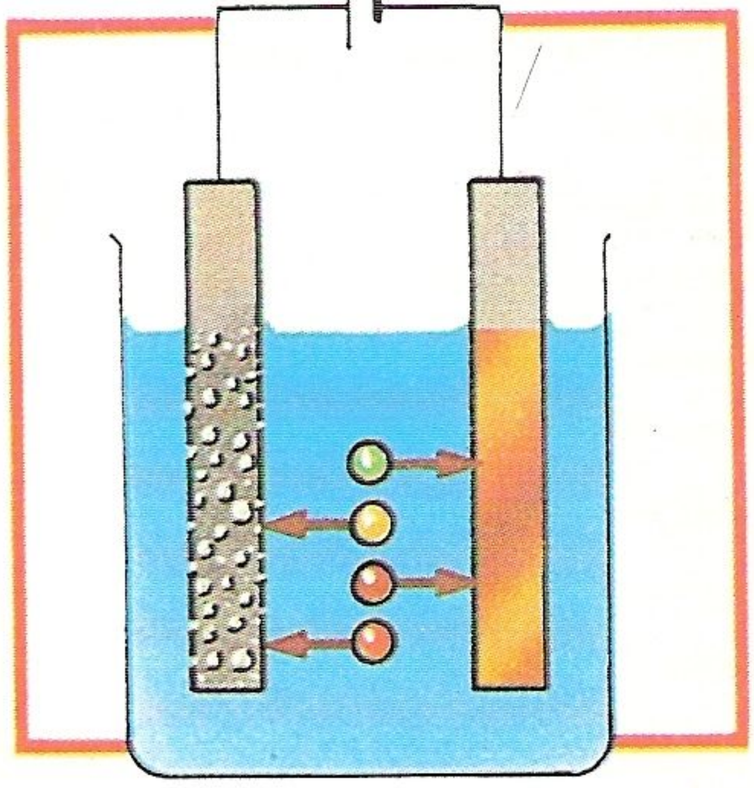
Naučni saradnici
dr Tom Petersen,
John Hawkins
i dr John Durell

Ilustracije
Kuo Kang Chen, Guy Smith
i Caroline Ewen

Prevod: Dragica Rihtman







Sadržaj

Mehanika i opšta fizika

4 Atomi i molekule
6 Sile
8 Energija
10 Kretanje
12 Dinamika
14 Moment sile
16 Periodično kretanje
18 Gravitacija
20 Proste mašine (mehanizmi)
22 Osobine molekula
24 Gustoća

Toplota

26 Temperatura
28 Prenošenje toplote
30 Efekti prenošenja toplote
32 Toplotno širenje
33 Ponašanje gasova

Talasi

34 Talasi
36 Odbijanje, prelamanje i difrakcija
38 Interferencija talasa
40 Zvučni talasi
42 Percepcija zvuka
44 Elektromagnetski talasi
46 Svjetlost / Odbijanje svjetlosti
50 Prelamanje svjetlosti
54 Optički instrumenti

Elektricitet i magnetizam

56 Statički elektricitet
58 Potencijal i kapacitet
60 Električna struja
65 Poluprovodnici
66 Elektroliza
68 Ćelije i baterije
70 Magneti
72 Magnetna polja
74 Elektromagnetizam
77 Instrumenti za mjerenje struje
78 Elektromagnetna indukcija
80 Katodni zraci (snop elektrona)

Atomska i nuklearna fizika

82 Struktura atoma
84 Atomska i nuklearna energija
86 Radioaktivnost
88 Detekcija i mjerenje radioaktivnosti
91 Primjena radioaktivnosti
92 Nuklearna fisija i fuzija
94 Energija nuklearnih reakcija

Općenito

96 Veličine i jedinice
98 Jednačine, simboli i grafikoni
100 Mjerenja
102 Tačnost mjerenja i greške
104 Polja i sile
108 Vektori i skalari
109 Brojevi
110 Oznake strujnog kola
112 Elementi i konstante
114 Osobine supstance
115 Rječnik pojmova (glosar)
116 Indeks

Copyright © 1986 Usborne Publishing Ltd.

Odgovorni urednik: dr Nada Abasbegović
Prevod s engleskog jezika: Dragica Rihtman
Lektor: Anđa Vlaški
Tehnički urednik: Ružica Riorović
Korektor: Radmila Šljivo
Tiraž: 10 000

Izdaje: SP "Svjetlost", Izdavačko preduzeće, Sarajevo,
direktor Savo Zirojević
Zavod za udžbenike i nastavna sredstva
Za izdavača: Abduselam Rustempašić
Grafička priprema: Biro B - Sarajevo
Štampa: Mladinska knjiga, Ljubljana

Copyright za Jugoslaviju: Mladinska knjiga, Koprodukcija - Ljubljana, 1990.

O ovoj knjizi

Fizika je nauka koja izučava osobine materije, različite oblike energije i njihov uticaj na svijet oko nas. Ova knjiga razdvaja oblasti pomenute nauke na dijelove upotrebljavajući oznake šest raznih boja.

Plavi dio Mehanika i opšta fizika-sile, energija i osobine supstance.

Žuti dio Toplotna energija, njeni efekti, način mjerenja i prenošenja.

Crveni dio Energija talasa, njihove osobine i specifične vrste talasa.

Zeleni dio Statički elektricitet, struja, magneti i magnetizam.

Ružičasti dio Atomska i nuklearna struktura, osobine i energija. Radioaktivnost, fisija i fuzija.

Crno-bijeli dio Skice i tabele koje se odnose na ranije pomenute teme u knjizi. Takođe podaci o analizi rezultata eksperimenata.

Kako se koristiti ovom knjigom

Ovom knjigom se moguće koristiti kao rječnikom ili priručnikom za ponavljanje znanja. Definicije su date po temama, tj. sve riječi koje se odnose na istu oblast grupisane su najčešće na dvije susjedne strane. Te oblasti navedene su u sadržaju na str. 2. Indeks na stranama 116-128 je u stvari rječnik pojmova. To je abecednim redom utvrđen spisak naziva pojedinačnih definicija u knjizi, sa označenim brojem stranica za glavno i dodatno pojavljivanje određenog pojma. Na str. 116 pogledajte uputstvo kako se koristiti spiskom pojmova.

Ključ za upotrebu knjige

1. Ispred svake glavne definicije stoji tačka i ključna riječ je štampana masnim slovima. Npr. :

● **Elastičnost**

2. Neki oblici plurala se nalaze odmah uz singular. Npr. :

● **Jezgro** (pl. **jezgra**)

3. Navedeni su i sinonimi datih riječi. Npr. :

● **Ekranizacija** ili **zaštita** (samo jedan sinonim)

● **Relativna atomska masa**. Takođe se kaže **atomska masa** ili **atomska težina**. (više od jednog sinonima)

4. Mnoge druge riječi su takođe štampane masnim slovima. Data je njihova definicija tamo gdje se pojavljuju ili je masni tisak znak da se njihove definicije mogu naći još negdje na istim dvjema stranicama.

5. Ako je riječ štampana masnim slovima i označena je zvjezdicom (*), znači da je definisana na nekom drugom mjestu u knjizi i navedena je u fus-noti na dnu stranice.

6. Ovo je tipična fus-nota:

* **Ugao inklinacije**, 73 (**Inklinacija**); **Jezgro**, 82; **Dipol**, **Indukovani magnetizam**, 71.

a) Definicija **ugla inklinacije** može se naći u tekstu glavne definicije **inklinacije** na str. 73.

b) Riječ **jezgro** može se naći na str. 82, pa je ta riječ data u fus-noti i onda kada se u tekstu ta riječ javlja u pluralu-**jezgra***.

Atomi i molekule

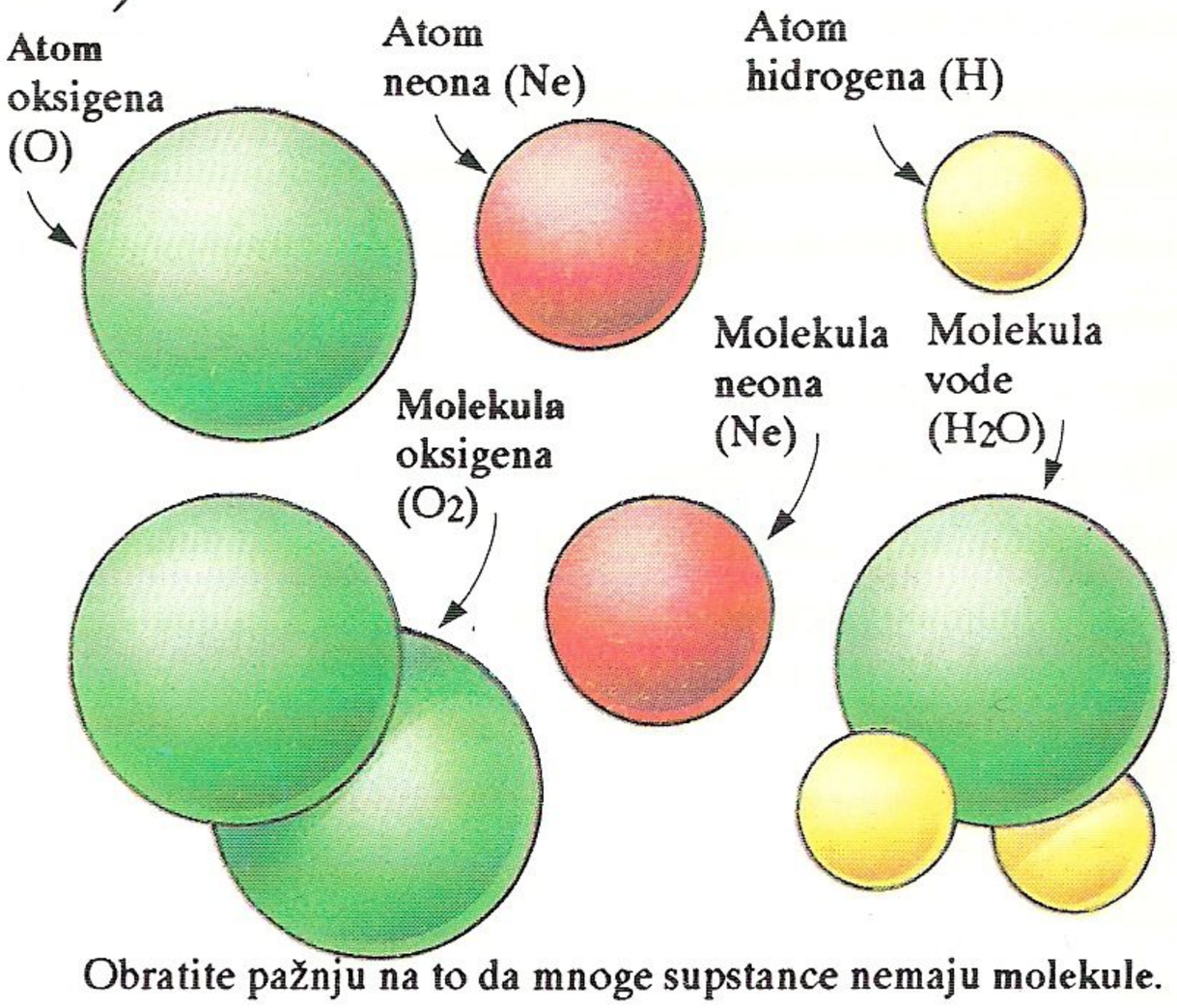
Grci su vjerovali da je materija sačinjena od sitnih čestica koje su nazivali atomima. Ta ideja je proširena i razvile su se teorije, (npr. **kinetička teorija**) koje se mogu primijeniti za mnogo detaljnije objašnjavanje fizičkih osobina i ponašanja supstanci. Supstanca može biti u tri razna **stanja** ili **faze**. Stanje neke supstance zavisi od njene prirode, temperature i pritiska pod kojim se nalazi. Promjene stanja prouzrokovane su promjenama pritiska ili temperature. (Nešto više o ovome vidi pod **promjene stanja**, str. 30.)

- **Atom.** Najmanji dio neke supstance koji zadržava osobine te supstance. Struktura atoma je objašnjena na str. 82-83. Atomi su izuzetno mali, promjera oko 10^{-25} m i mase oko 10^{-10} kg. Oni mogu formirati **jone*** (električno nabijene čestice) tako da gube ili dobivaju **elektrone***. (Vidi **jonizacija**, str. 88.)

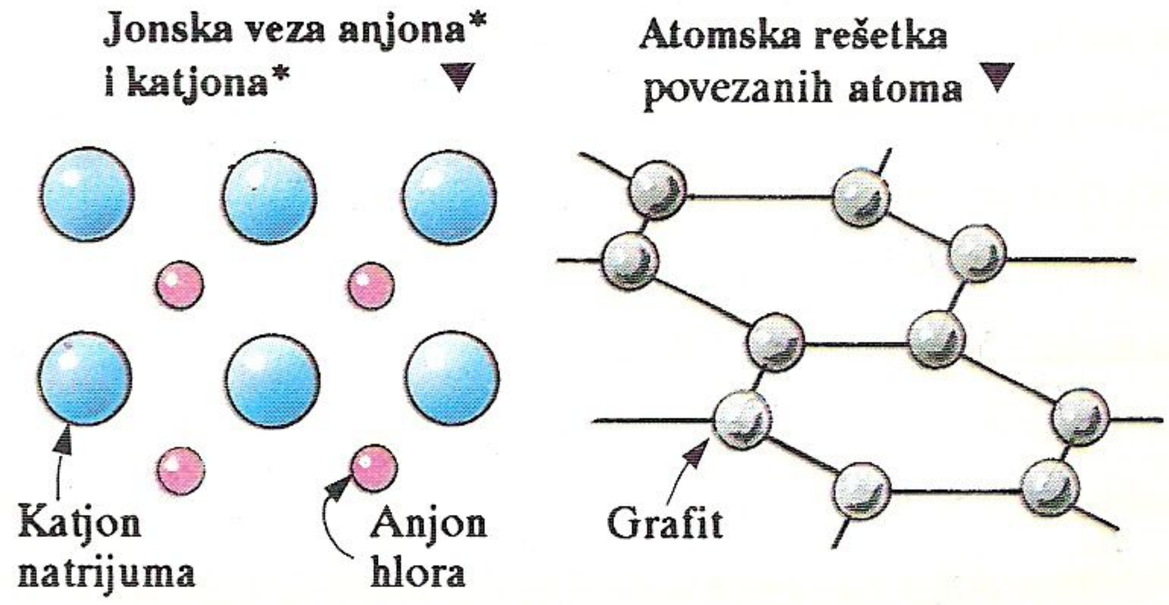
- **Molekula.** Najmanji djelić supstance koji se javlja u prirodi. Molekule se mogu sastojati od izvjesnog broja **atoma**, od jednog (npr. neon) do više hiljada (npr. proteini). **Elektromagnetne sile*** ih sve drže na okupu. Sve molekule čistog uzorka neke supstance sadrže iste atome, jednako raspoređene.

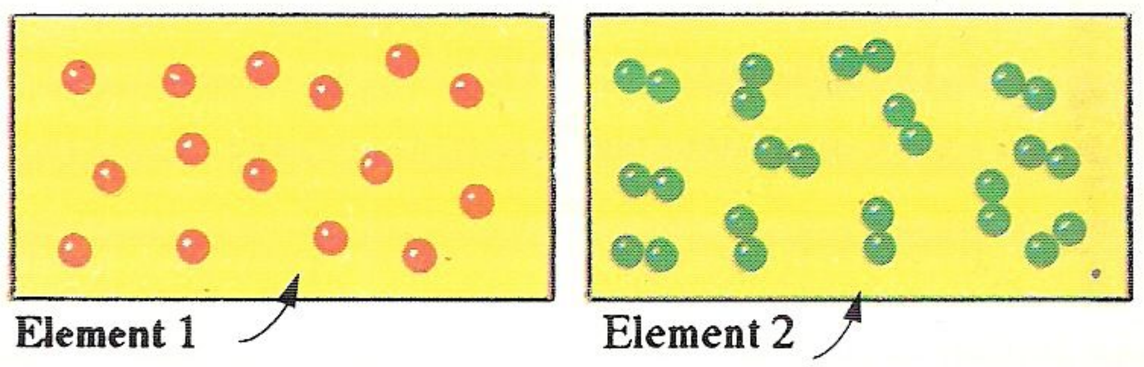
- **Element.** Supstanca sačinjena od **atoma** koji imaju isti broj **protona*** u svojim **jezgrima***. Svi atomi istog elementa imaju isti broj protona (vidi **atomski broj**, str. 82).

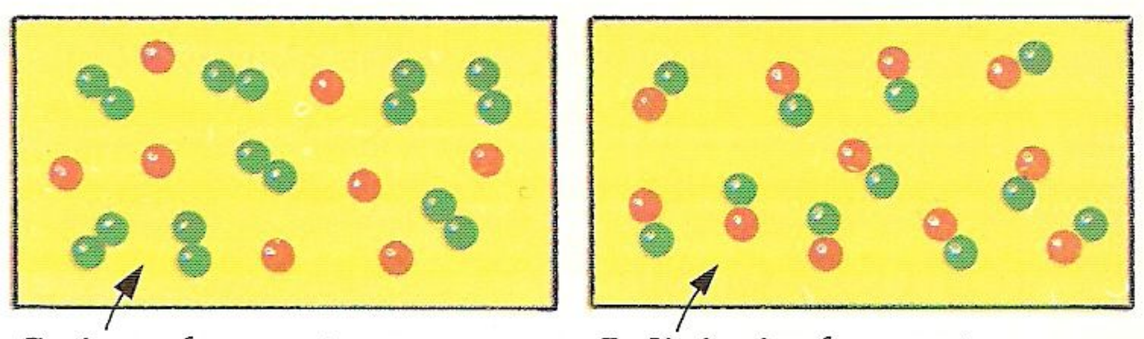
- **Jedinjenje.** Supstanca koja se može razložiti na jednostavnije supstance. **Molekule** nekog jedinjenja sadrže **atome** dva ili više **elemenata** koji su povezani hemijski. **Smjesa** nema hemijske veze i zato nije jedinjenje.



Obratite pažnju na to da mnoge supstance nemaju molekule.





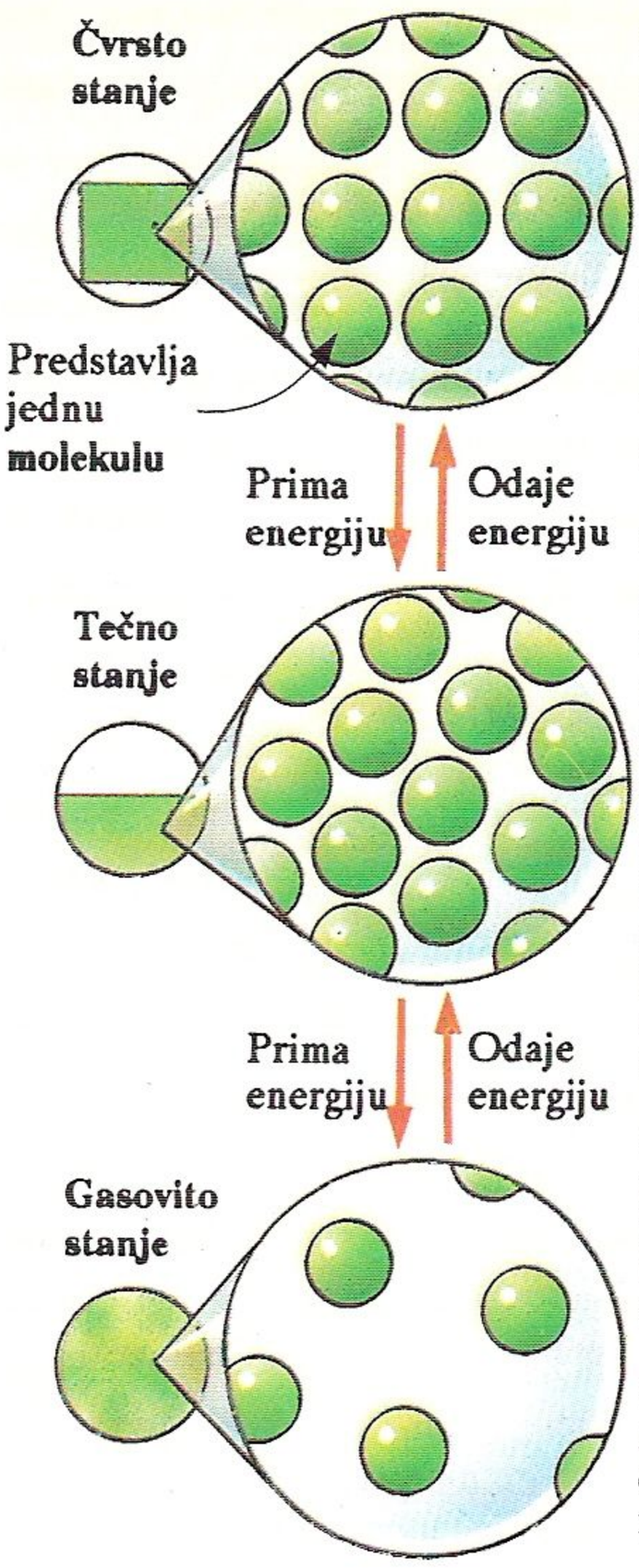


Smjesa elemenata 1 i 2 - bez hemijske veze

Jedinjenje elemenata 1 i 2 - elementi su vezani hemijski

* **Anjoni, Katjoni, 88 (Jonizacija); Elektromagnetna sila, 6; Elektroni, 83; Joni, 88 (Jonizacija); Jezgro, Protoni, 82.**

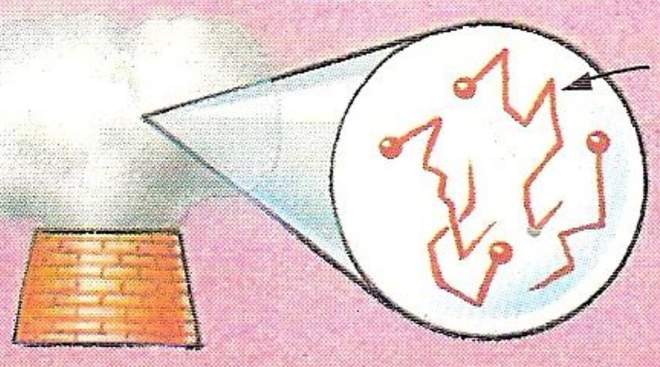
- **Čvrsto stanje. Stanje** u kojem supstanca ima stalan volumen i oblik i pruža otpor silama koje ih žele promijeniti.
- **Tečno stanje. Stanje** u kojem supstanca teče i poprima oblik posude u kojoj se nalazi. Ovo je stanje između **čvrstog** i **gasovitog.**
- **Gasovito stanje. Stanje** u kojem se supstanca širi da bi ispunila posudu u kojoj se nalazi. Supstanca u ovom stanju ima relativno malu gustoću.
- **Kritična temperatura.** Temperatura iznad koje supstanca u **gasovitom stanju** ne može biti pretvorena u tečno stanje samo pod pritiskom.
- Gas. Supstanca u **gasovitom stanju** iznad svoje **kritične temperature.** Zato gas ne može biti pretvoren u tečnost, nego prvo mora biti pretvoren u **paru.**
- Para. Supstanca u **gasovitom stanju** ispod svoje **kritične temperature.**



Kinetička teorija

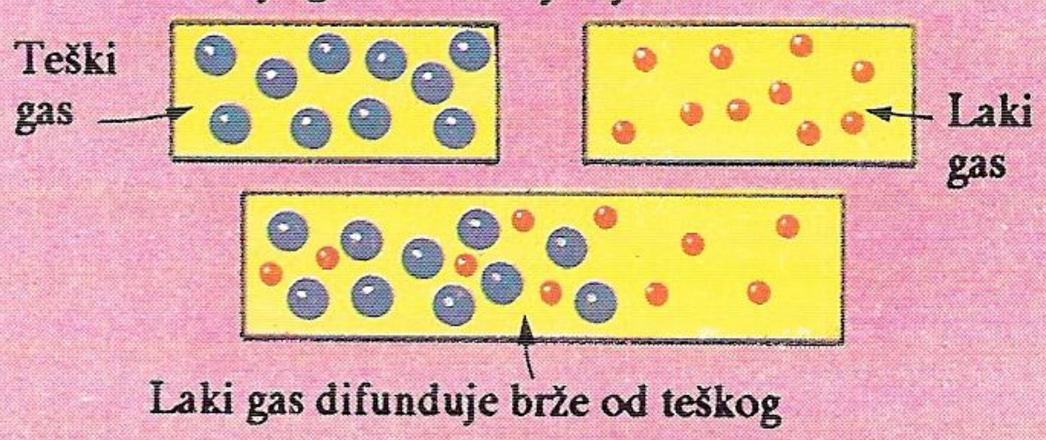
Kinetička teorija objašnjava osobine materije kretanjem molekula i energijom koju one posjeduju (vidi **unutrašnja energija,** str. 9). **Braunovo kretanje i difuzija** pokazuju molekularno kretanje.

- **Braunovo kretanje.** Haotično kretanje malih čestica, npr. polenovog praha u vodi ili vazduhu. Do njega dolazi uslijed nevidljivih sudara **molekula** vode ili vazduha sa većim česticama.



- **Srednja dužina slobodnog puta.** Prosječna udaljenost koju pređe čestica neke supstance u **gasovitom stanju** između dva sudara.

- **Difuzija.** Miješanje dvaju supstanci u **gasovitom** ili **tečnom stanju** uslijed haotičnog kretanja njihovih **molekula.** Lagane molekule kreću se brže od teških, te brže difunduju.



- **Grahamov zakon difuzije.** Pri konstantnoj temperaturi i pritisku, brzina **difuzije gasa** obrnuto je proporcionalna kvadratnom korijenu njegove gustoće.

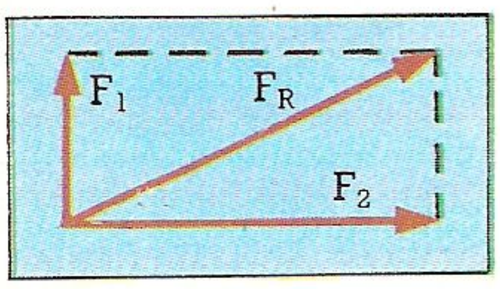
$$\text{Brzina difuzije} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{gustoća gasa}}}$$

* **Međumolekularne sile, 7; Unutrašnja energija, 9; Molekularna potencijalna energija, 8; Rotaciona, translatorna i vibraciona kinetička energija, 9; (Kinetička energija).**

Sile

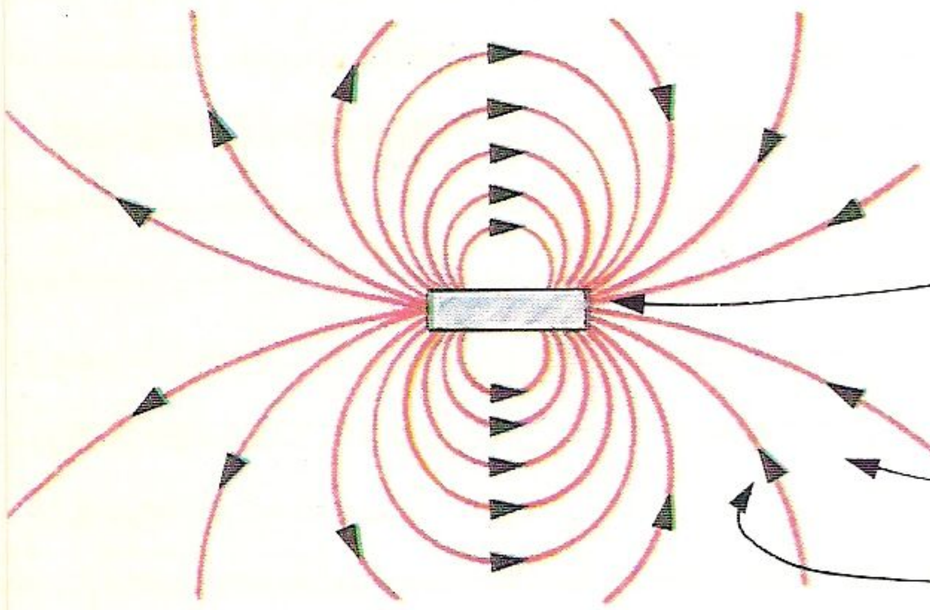
Sila utiče na oblik i kretanje nekog tijela. Ona mijenja brzinu tijela (tj. **ubrzava*** ga).
Dvije jednake i suprotne sile mijenjaju njegov oblik ili veličinu.
Sila je **vektorska veličina***, ima brojnu vrijednost, pravac i smjer i mjeri se **njutnima**. Glavne vrste sila su: **gravitaciona, magnetna, električna** i **nuklearna.**
Vidi str. 104-107, gdje su prve tri sile upoređene.

Sile su prikazane strelicama (dužina predstavlja veličinu sile, a strelica pravac i smjer sile).

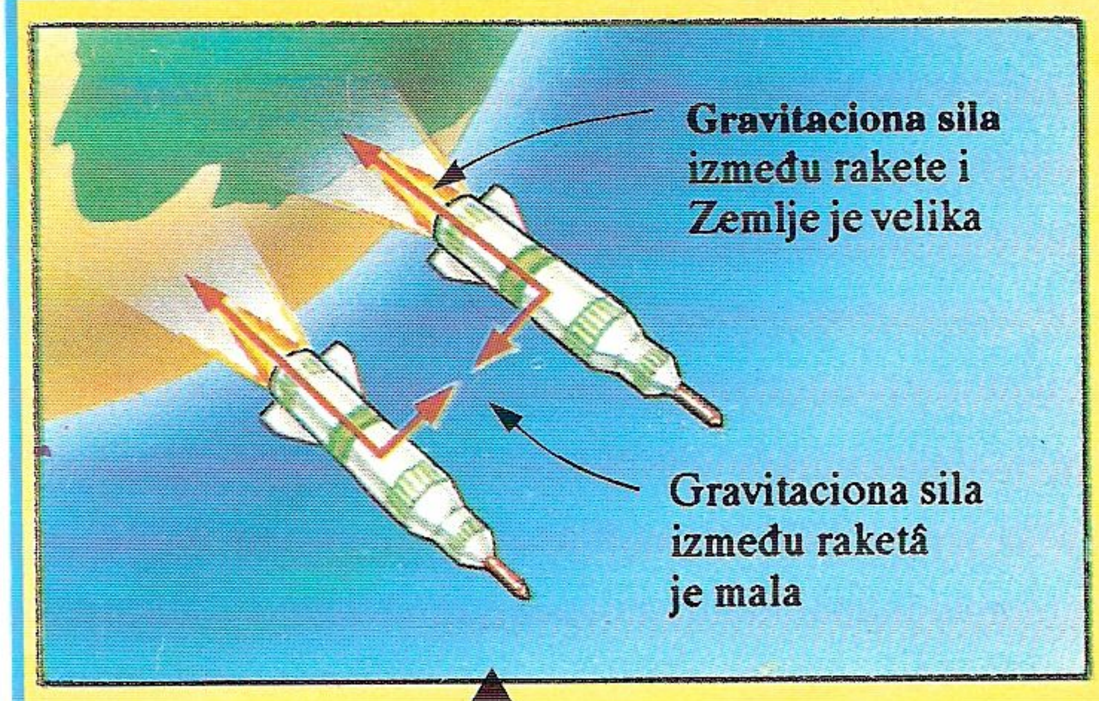


Efekat sila F_1 i F_2 je isti kao i efekat sile F_R (**rezultanta silâ**). F_1 i F_2 su **komponente** od F_R.

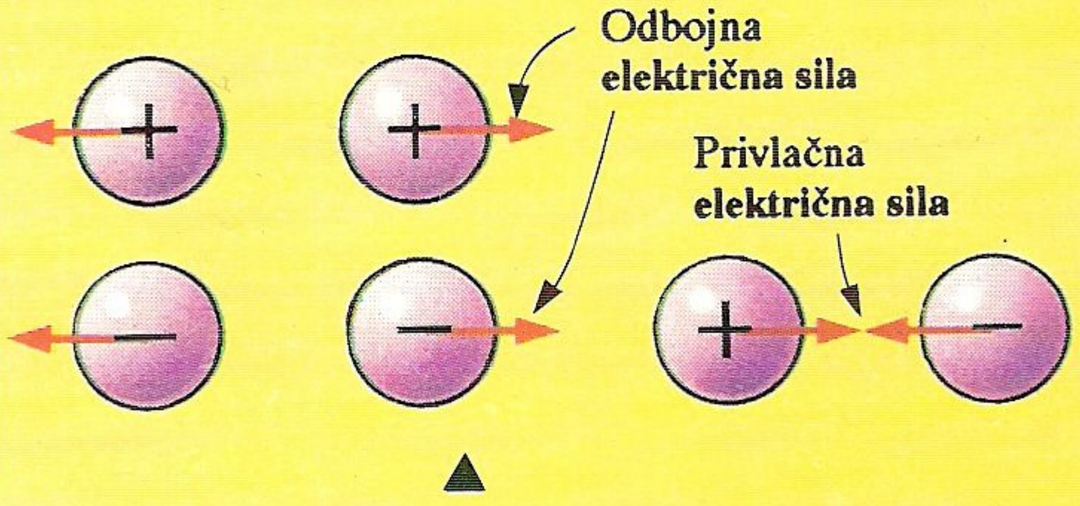
- **Njutn (N). SI jedinica*** sile. Jedan njutn je sila koja masi od 1 kg daje ubrzanje od 1 ms^{-2}.



- **Polje sile.** Područje u kojem djeluje sila. Maksimalna udaljenost do koje sila može da djeluje je **domet** sile. Polja sile se predstavljaju linijama sa strelicama da bi se označili njihova jačina i pravac (vidi str. 58 i 72).



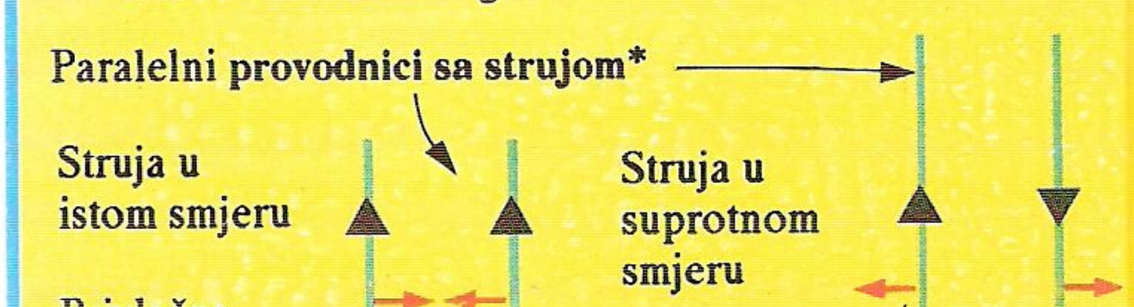
- **Gravitaciona sila ili gravitacija.** Sila kojom se privlače dva tijela koja posjeduju masu (vidi str. 18-19). Sila je veoma mala ako jedno od tijela nije previše veliko.



- **Električna ili elektrostatička sila.** Sila između dvije naelektrisane čestice (vidi str. 56). Ova sila je odbojna ako su naboji isti, a privlačna ako su naboji suprotni.

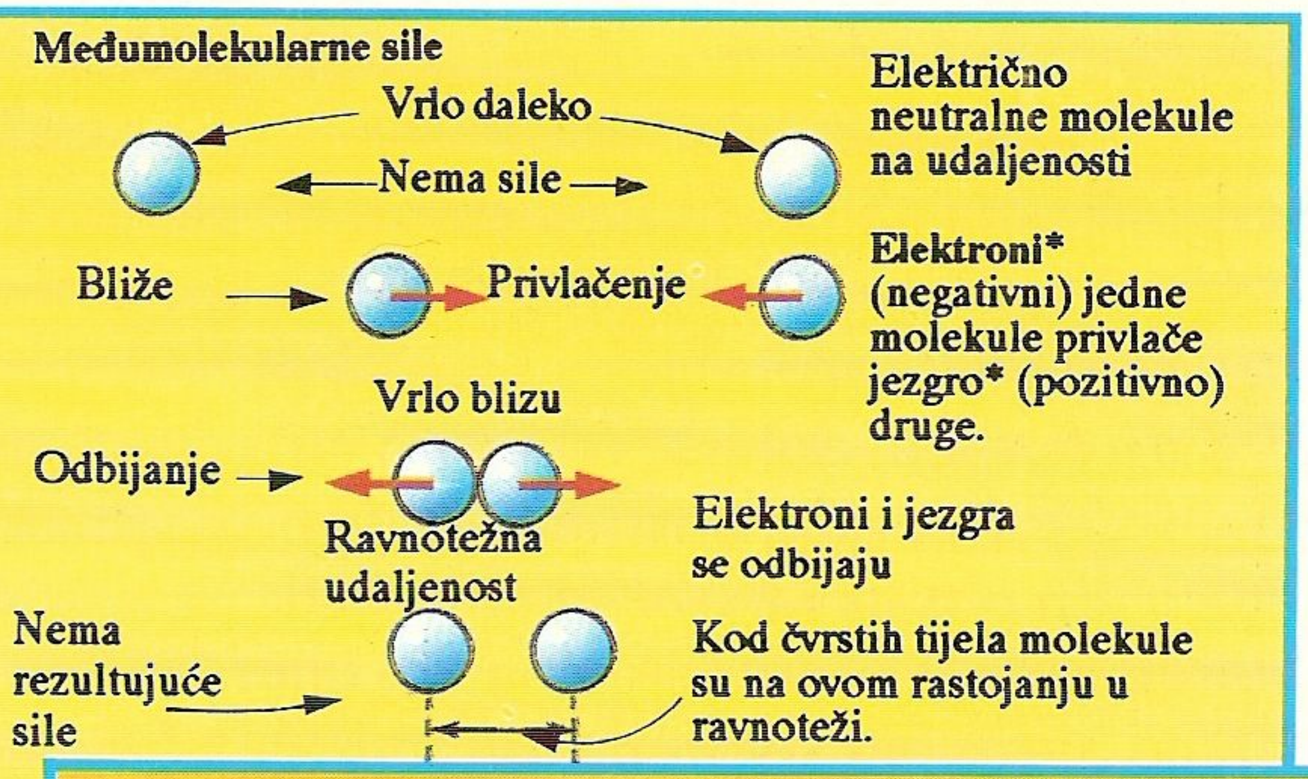
- **Elektromagnetna sila.** Kombinacija **električne** i **magnetne sile**, koje su usko povezane i teško ih je odvojiti.

- **Magnetna sila.** Sila između dva pokretna naboja. Ti pokretni naboji mogu biti električne **struje*** (vidi str. 70) ili **elektroni*** koji se kreću u svojim **elektronskim ljuskama***.

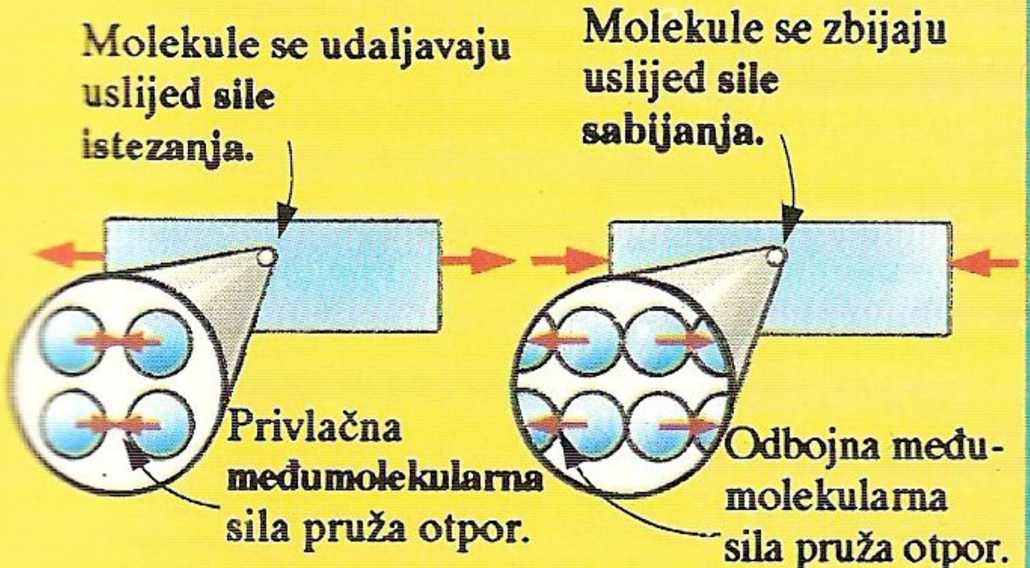


*Ubrzanje, 11; **Struja**, 60; **Elektroni, Elektronske ljuske**, 83; **SI jedinice**, 96; **Vektorska veličina**, 108.

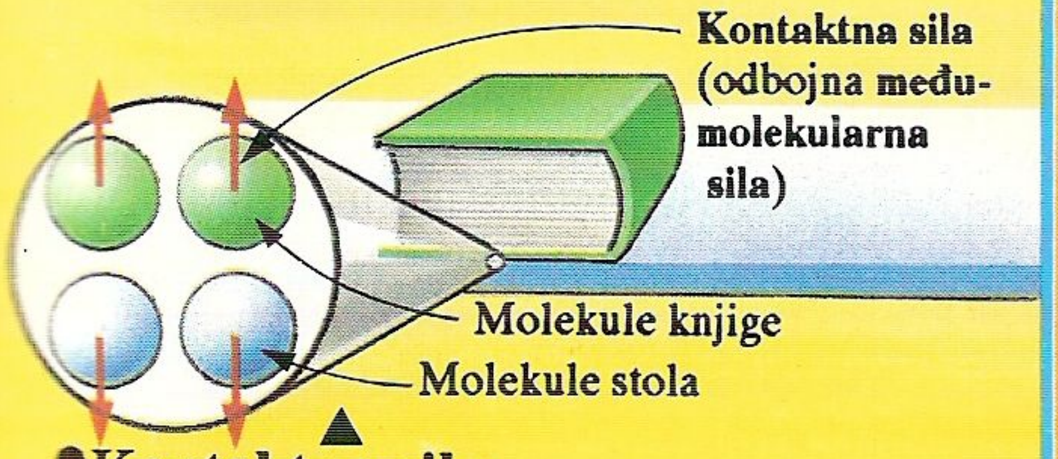
- **Međumolekularna sila.** Elektromagnetna sila između dvije molekule. Jačina i pravac se mijenjaju s udaljenošću molekula (vidi sl. desno).



- **Sila istezanja.** Jednake, a suprotne sile koje pri djelovanju na krajeve tijela povećavaju njegovu dužinu. Njima se suprotstavlja **međumolekularna sila.**



- **Sila sabijanja.** Jednake a suprotne sile koje kad djeluju na krajeve tijela, smanjuju njegovu dužinu. Suprotstavlja im se **međumolekularna sila.**



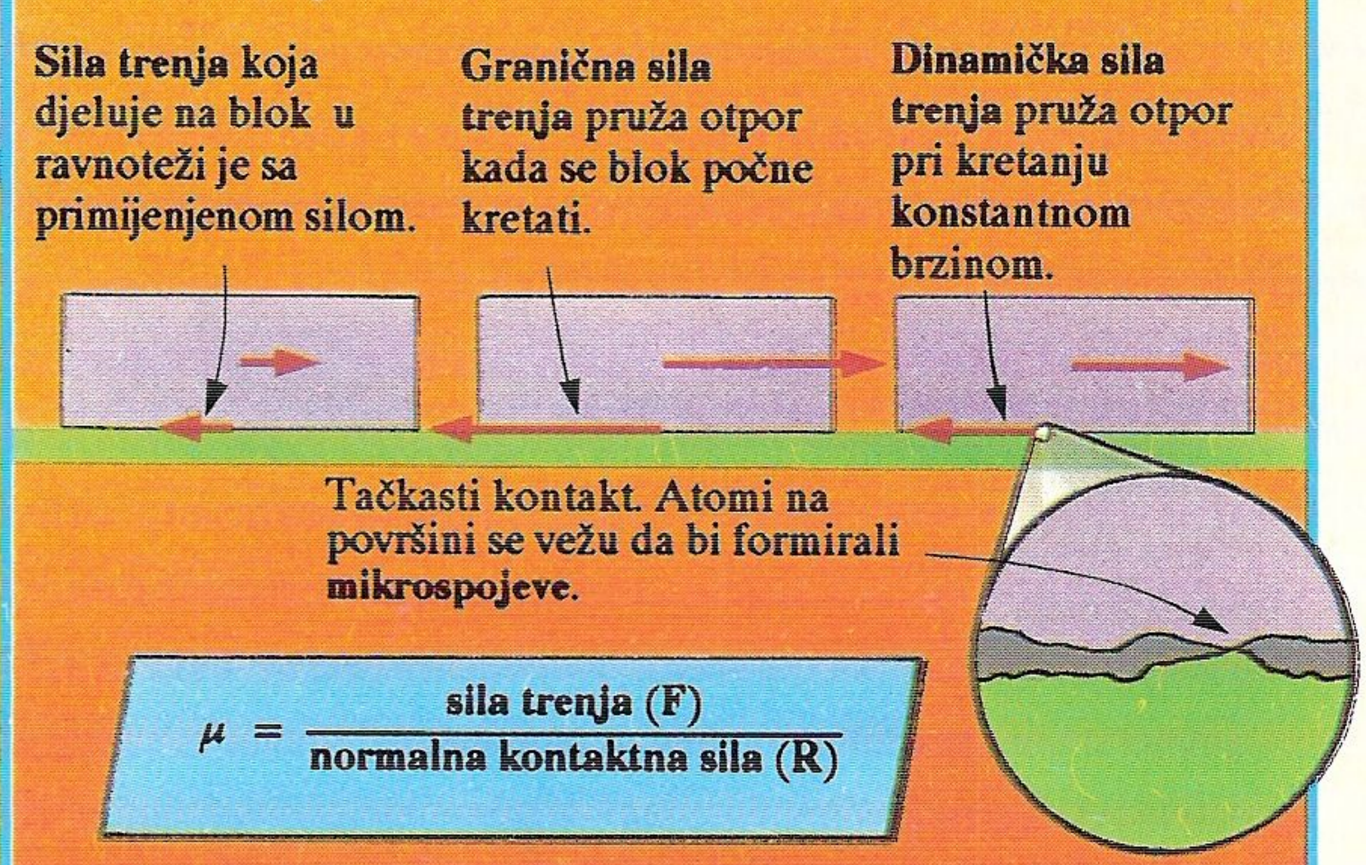
- **Kontaktna sila.** **Međumolekularna sila** odbijanja među molekulama dva tijela kada se ona dodiruju.

- **Nuklearna sila.** Privlačna sila između čestica atomskog jezgra (**protona*** i **neutrona***). Ona sprečava odbojnoj **električnoj sili** između protona razdvajanje jezgra (vidi str. 84).

- **Sila trenja ili trenje.** Sila koja se suprotstavlja kretanju dvaju dodirnih površina jedne preko druge, a prouzrokovana je **međumolekularnom silom** između molekula tih površina. Postoje dva tipa: **granična sila trenja** i **dinamička sila trenja.**

- **Granična ili statička sila trenja.** Maksimalna vrijednost **sile trenja** između dvije površine. Javlja se kada dvije površine počinju da klize jedna preko druge.

- **Dinamička sila trenja ili sila trenja klizanja.** Vrijednost **sile trenja** kada jedna površina klizi preko druge konstantnom brzinom. Ona je nešto manja od **granične sile trenja.**



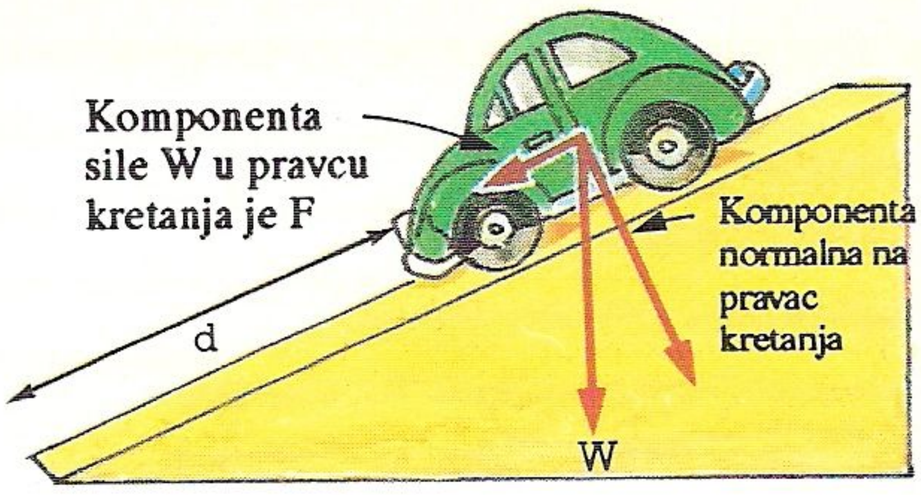
$$\mu = \frac{\text{sila trenja (F)}}{\text{normalna kontaktna sila (R)}}$$

- **Koeficijent trenja** (μ). Odnos **sile trenja** između dvije površine prema sili koja ih drži zajedno (**normalna kontaktna sila**). Postoje dvije vrijednosti - **koeficijent graničnog** ili **statičkog trenja** i **koeficijent dinamičkog trenja.**

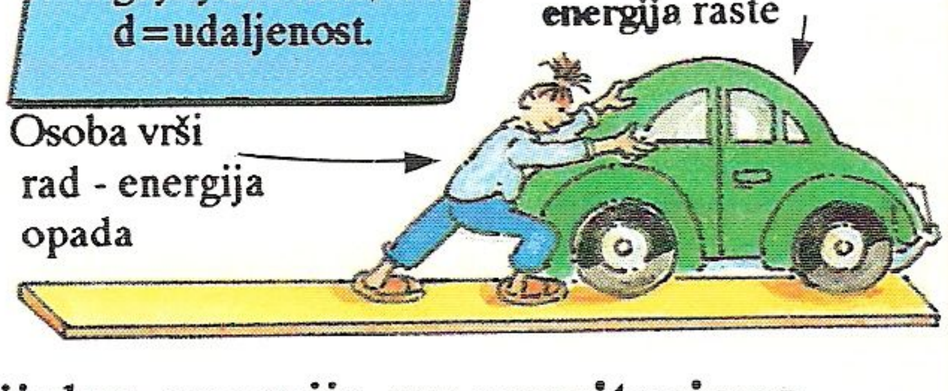
*Elektroni, 83; Neutroni, Jezgro, Protoni, 82.

Energija

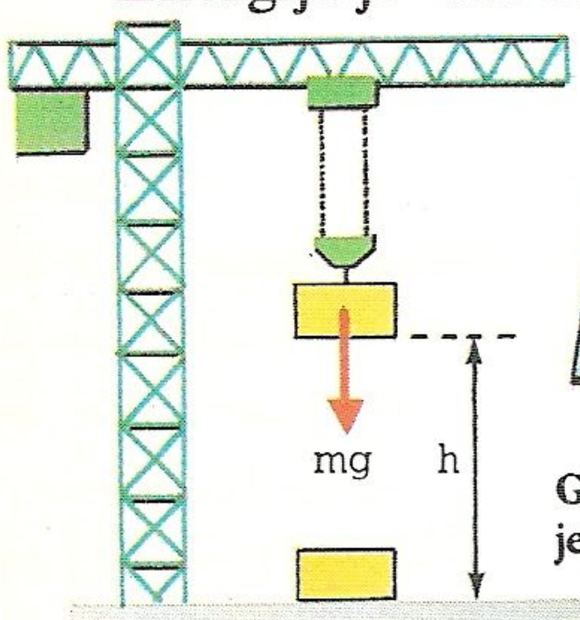
Sila vrši **rad** kada pokreće tijelo. **Energija** je sposobnost izvršenja rada. Rad se vrši na tijelu ili tijelo vrši rad. Pri tome tijelo dobiva, odnosno gubi energiju. Energija postoji u mnogo različitih oblika i može se mijenjati (**pretvaranje** ili **transformacija** energije), ali ne može biti stvorena niti uništena (**zakon održanja energije**). **SI jedinica*** energije je **džul (J)**.



Izvršeni rad = F · d gdje je F=sila, d=udaljenost.



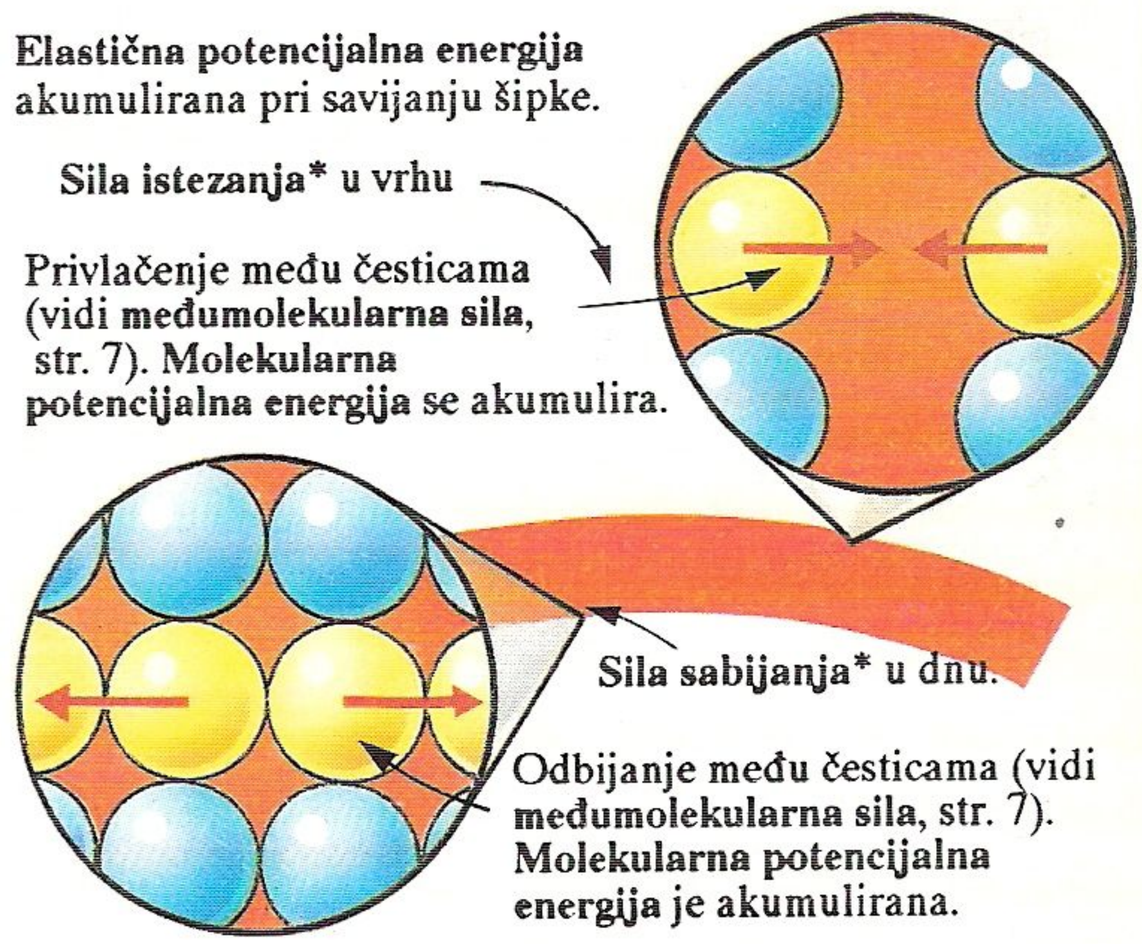
- **Potencijalna energija** (P. E.). Energija koju posjeduje tijelo u **polju sile***. Zavisi od položaja tijela u tom polju i određena je radom koji se izvrši pri postavljanju tijela u taj položaj. Energija je "akumulirana".Tri oblika potencijalne energije su: **gravitaciona potencijalna energija, elektromagnetna potencijalna energija i nuklearna potencijalna energija** (zavisi o kojoj sili se radi).



Porast gravitacione P.E. = izvršeni rad = mgh, gdje je m = masa, g = ubrzanje Zemljine teže*, h = visina podizanja.

Gravitaciona potencijalna energija je nula na površini zemlje.

- **Gravitaciona potencijalna energija. Potencijalna energija** koja zavisi od položaja tijela u odnosu na masu koja uzrokuje **gravitacionu silu***. Ako se tijelo udaljava od mase (npr. ako se podiže sa zemlje), vrši se rad na tijelu i njegova gravitaciona potencijalna energija raste.
- **Elektromagnetna potencijalna energija. Potencijalna energija** koja zavisi od položaja tijela u **polju sile*** koje stvara **elektromagnetna sila***.
- **Elastična potencijalna energija** ili **energija istezanja**. Primjer **molekularne potencijalne energije,** akumulirane zahvaljujući istezanju ili sabijanju tijela. Jednaka je radu koji se vrši protiv **međumolekularne sile***.
- **Molekularna potencijalna energija. Elektromagnetna potencijalna energija** zavisi od relativnog položaja molekula. Ona se povećava kada se vrši rad protiv **međumolekularne** sile*.
- **Hemijska energija**. Energija akumulirana u supstancama kao što su goriva, hrana i hemikalije u baterijama. Ona se oslobađa za vrijeme hemijskih reakcija, npr. u vidu toplote pri sagorijevanju goriva, kada se **elektromagnetna potencijalna energija** atoma i molekula mijenja.



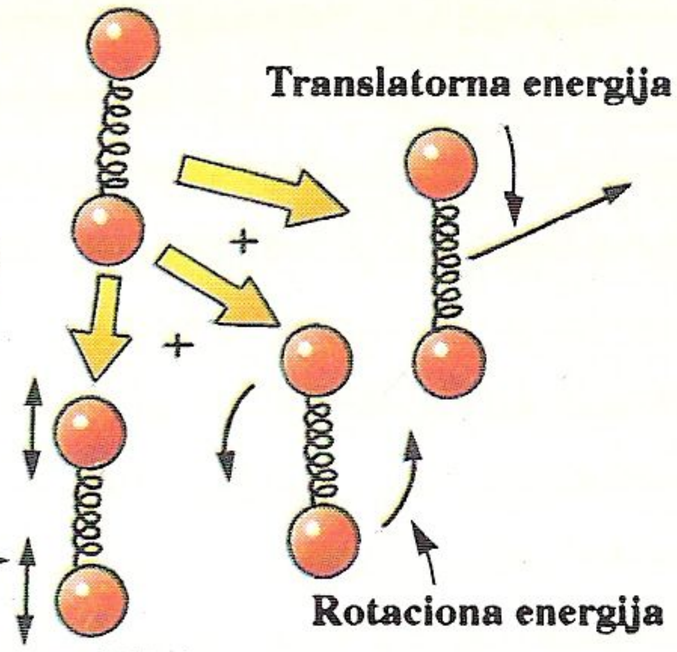
*Gravitaciono ubrzanje, Ubrzanje Zemljine teže, 18; Sila sabijanja, 7; Elektromagnetna sila, Polje sile, Gravitaciona sila, 6; Međumolekularna sila, 7; SI-jedinice, 96; Sila pritiska, 7.

- **Nuklearna potencijalna energija.** **Potencijalna energija** akumulirana u **jezgru*** atoma. Ona se oslobađa za vrijeme **radioaktivnog raspada***.

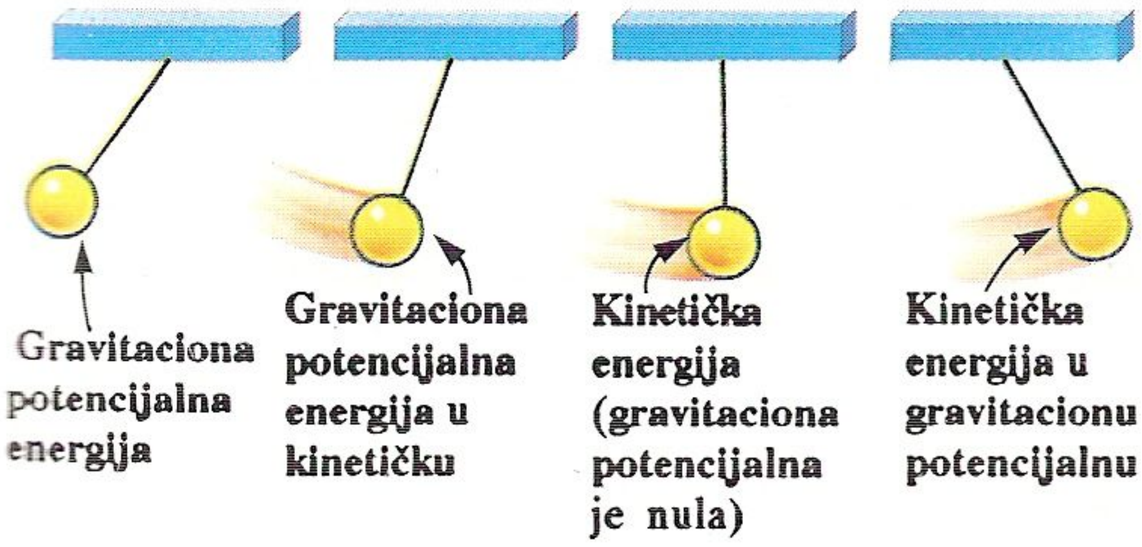
- **Kinetička energija** (K.E.). Energija koja je povezana sa kretanjem. Poprima oblike **translatorne, rotacione** i **vibracione energije.**

Kinetička energija dva tijela povezana oprugom

$K.E. = \frac{1}{2} m v^2$, gdje je m = masa, v = brzina.



Mehanička energija klatna je konstantna (ako su zanemarene sile otpora).



- **Mehanička energija.** Zbir **kinetičke energije** i **gravitacione potencijalne energije** tijela.

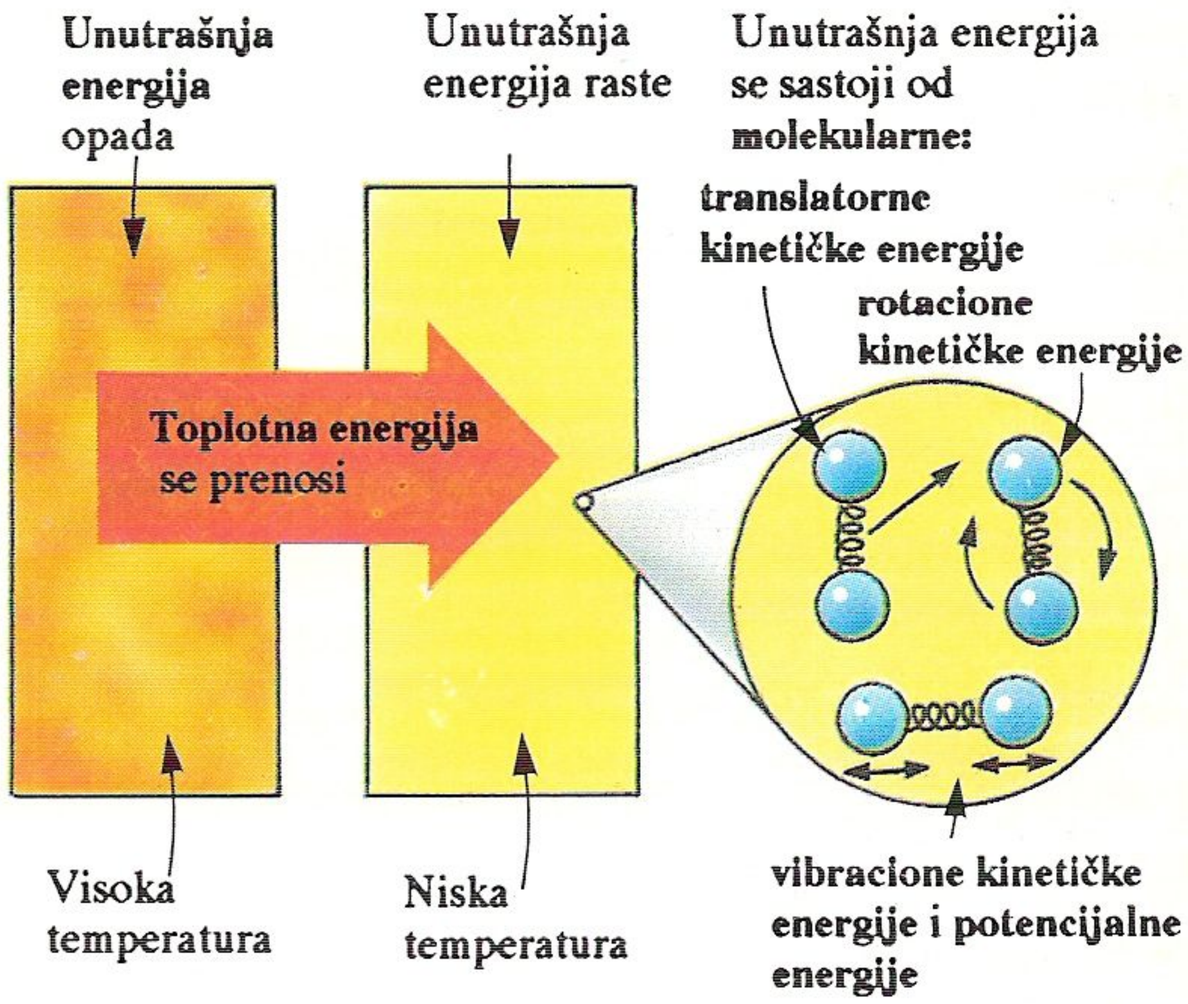
- **Unutrašnja ili toplotna energija.** Zbir **kinetičke energije** i **molekularne potencijalne energije** molekula u nekom tijelu. Ako temperatura tijela raste, raste i njegova unutrašnja energija.

- **Toplotna energija ili toplota.** Energija koja se prenosi s jednog mjesta na drugo zbog razlike u temperaturi (vidi str. 28-33). Ako tijelo apsorbuje toplotnu energiju, njegova **unutrašnja energija** raste.

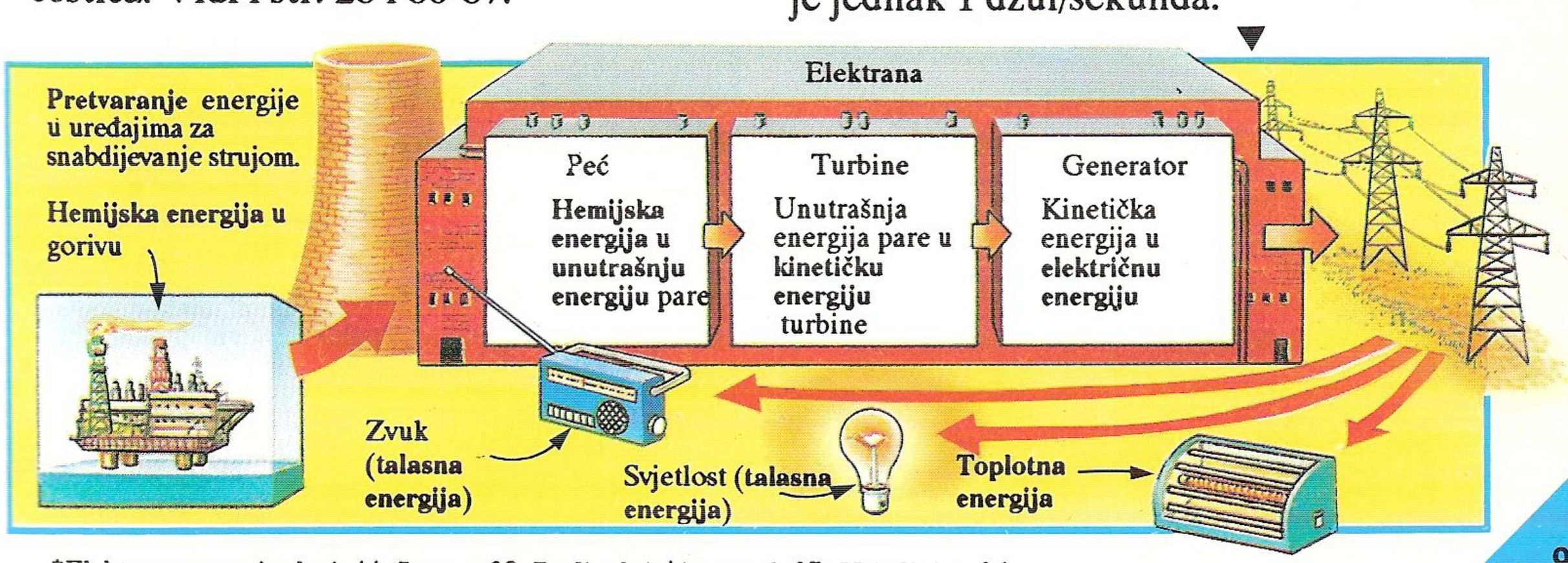
- **Talasna energija.** Energija vezana uz talase. Npr. energija talasa na vodi sastoji se od **gravitacione potencijalne energije** i **kinetičke energije** molekula vode.

- **Električna i magnetna energija.** Vrsta energije koja je povezana sa električnim nabojem i kretanjem električnog naboja (struja). One zajedno čine **elektromagnetnu energiju.**

- **Zračenje.** Bilo koja energija u obliku **elektromagnetnih talasa*** ili struje čestica. Vidi i str. 28 i 86-87.

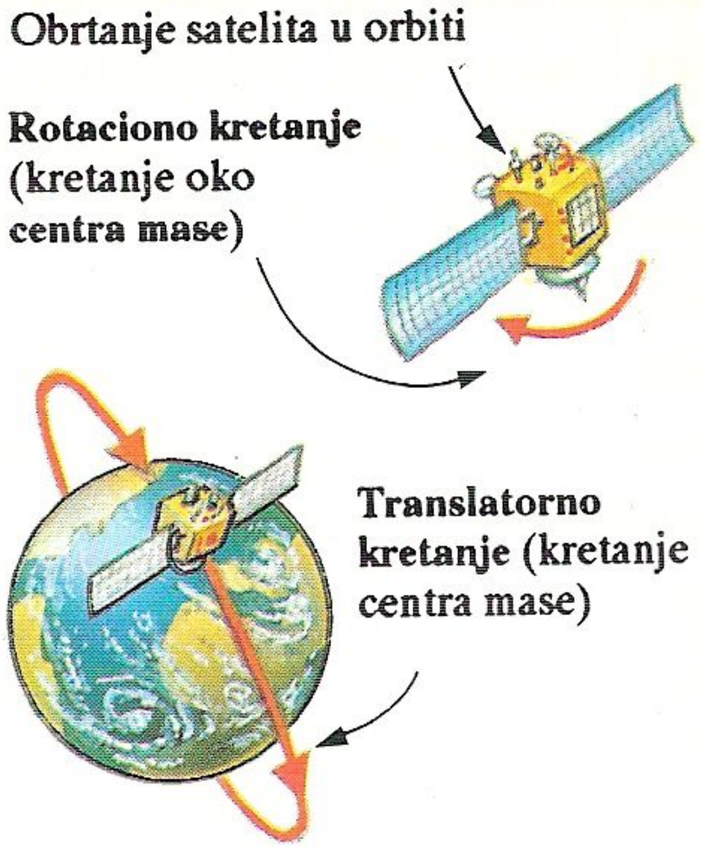


- **Snaga.** Izvršeni rad ili promjena energije u jedinici vremena. **SI-jedinica*** za snagu je **vat** (W), koji je jednak 1 džul/sekunda.



*Elektromagnetni talasi, 44; Jezgro, 82; Radioaktivni raspad, 87; SI-jedinice, 96.

Kretanje

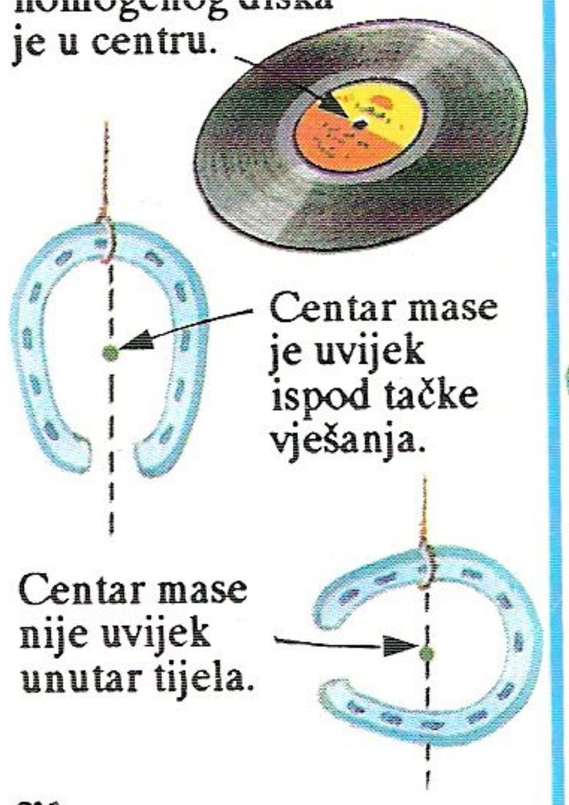


Kretanje podrazumijeva promjenu položaja i orijentacije nekog tijela. Kretanje **čvrstih** tijela (koja ne mijenjaju oblik) sastoji se od **translatornog** kretanja ili **translacije**, tj. kretanja **centra mase** s jednog mjesta na drugo i **rotacionog kretanja** ili **rotacije**, tj. kretanja oko centra mase. Nauka o kretanju bez razmatranja uzroka kretanja zove se **kinematika.**

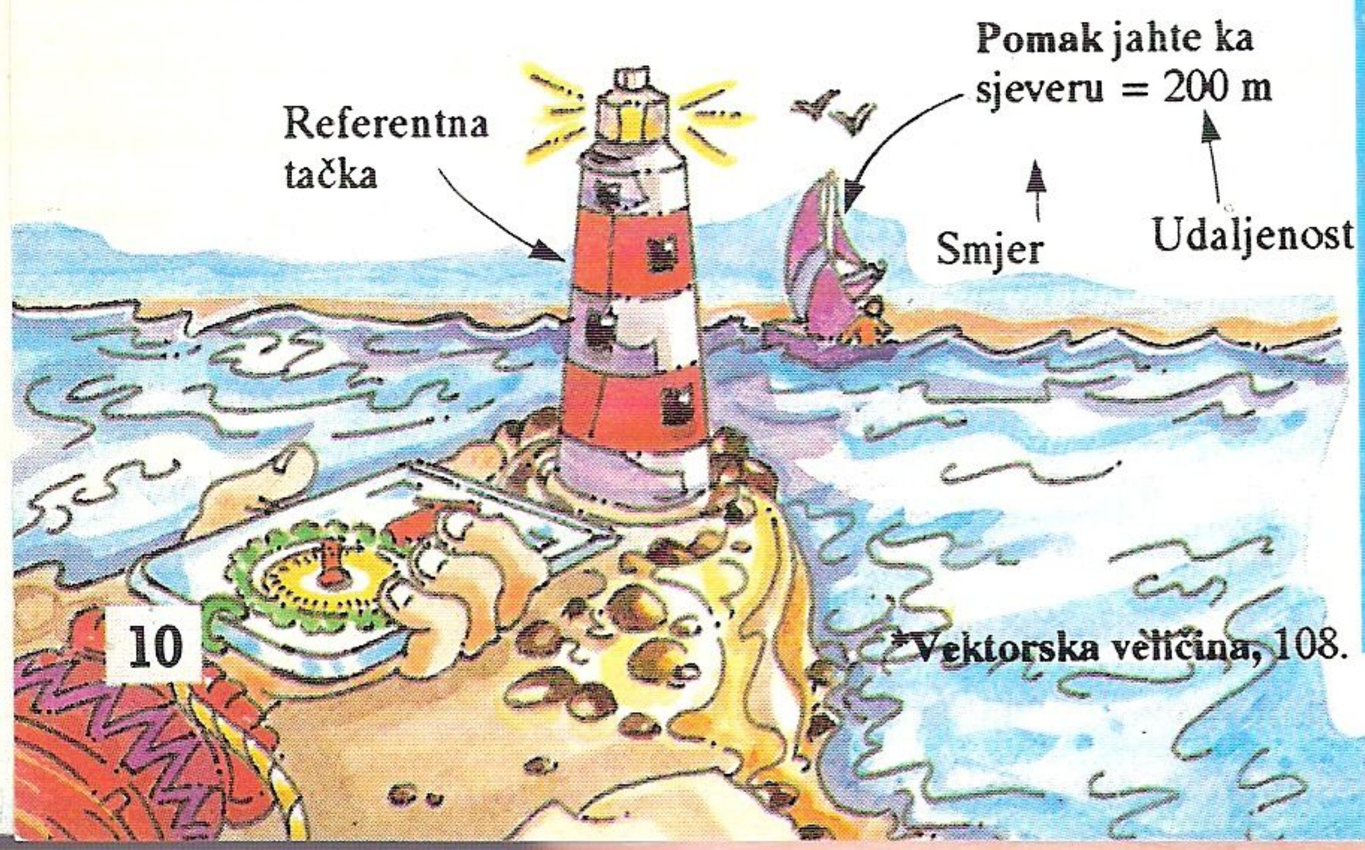
Linearno kretanje

Linearno ili pravolinijsko kretanje je kretanje po pravoj liniji i ono je najjednostavniji oblik **translatornog kretanja** (vidi uvod). Linearno kretanje bilo kog čvrstog tijela je opisano kao kretanje njegovog **centra mase.**

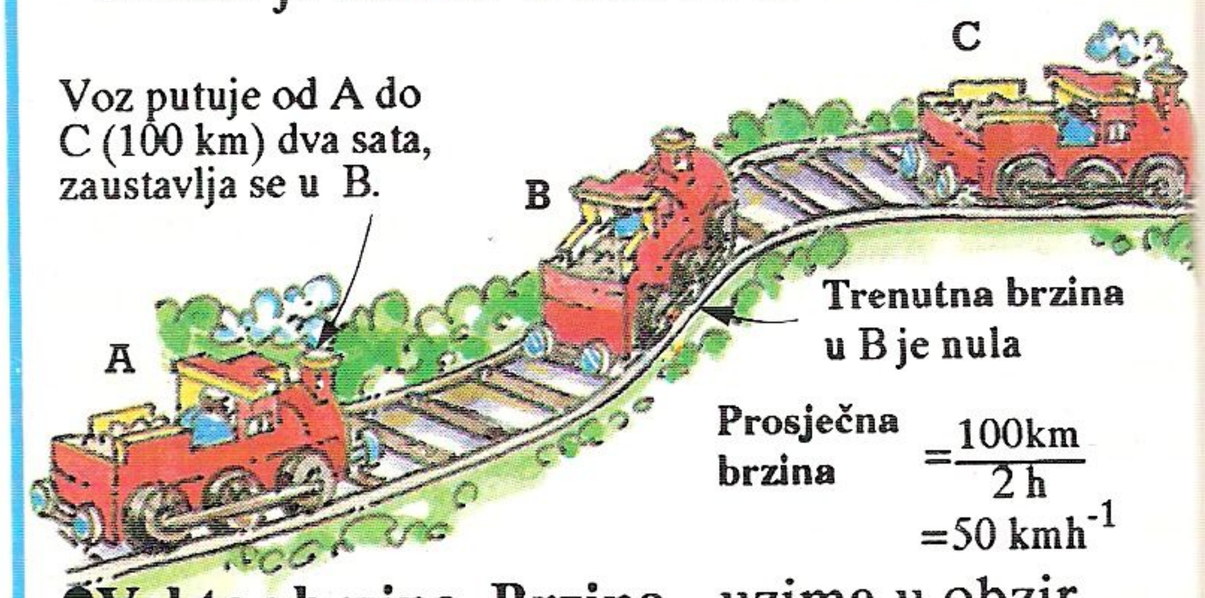
- **Centar mase.** Tačka koja se ponaša tako kao da je čitava masa tijela u njoj. Centar mase **čvrstog** tijela (vidi uvod) je na istom mjestu gdje je i njegovo **težište** (tačka u kojoj Zemljina gravitaciona sila djeluje na tijelo).



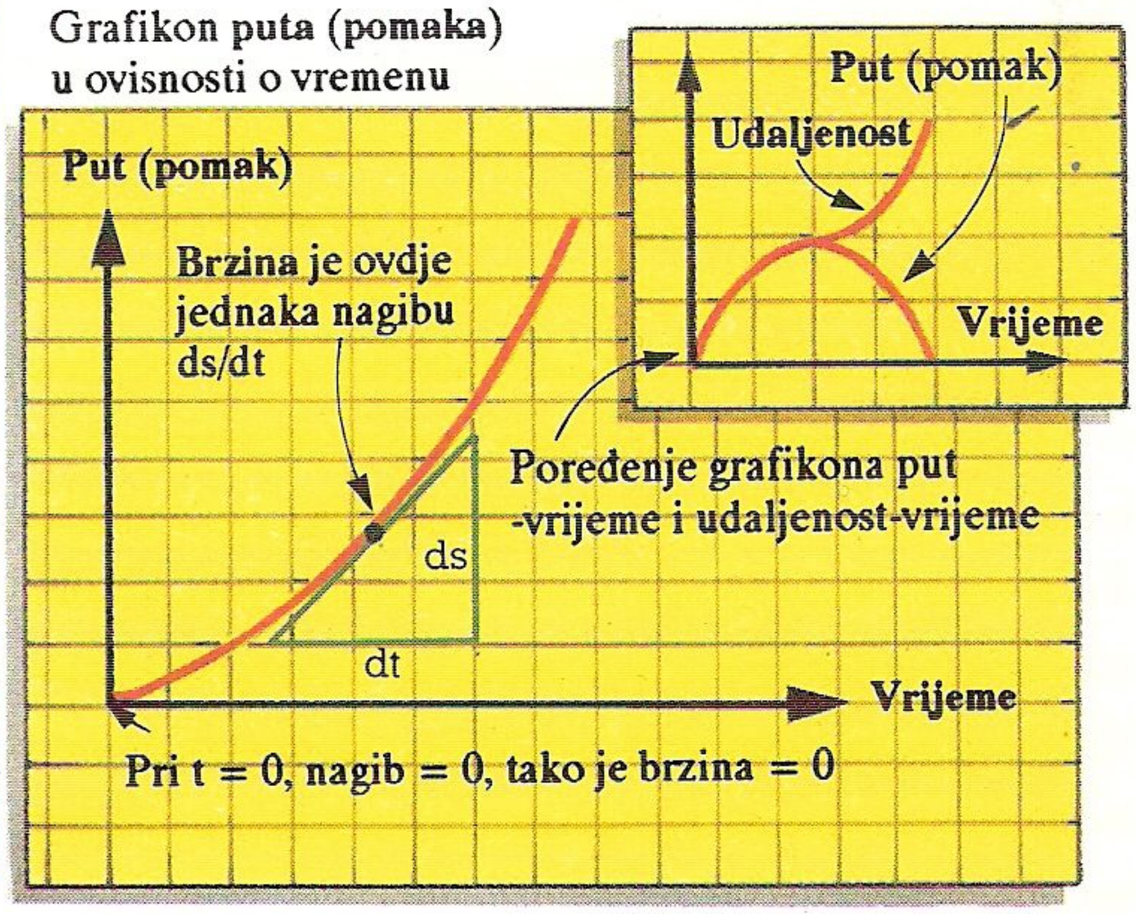
- **Pomak.** Usmjerena udaljenost tijela od fiksne referentne tačke. To je **vektorska veličina***. Položaj tijela može se izraziti njegovim pomakom od određene tačke.



- **Brzina.** Udaljenost koju tijelo pređe u određenom vremenskom intervalu. Ako je brzina tijela konstantna, kaže se da se ono kreće **jednolikom brzinom. Prosječna brzina** nekog tijela tokom nekog vremenskog intervala je udaljenost koju tijelo pređe podijeljena s vremenskim intervalom. **Trenutna brzina** je brzina u bilo kom trenutku.



- **Vektor brzine. Brzina** - uzima u obzir pravac kretanja tijela, npr. **pomak** tijela u datom vremenu. To je **vektorska veličina*. Vektori jednolike brzine, prosječne brzine i trenutne brzine** su definisani na sličan način kao **jednolika brzina** itd. (vidi brzina).

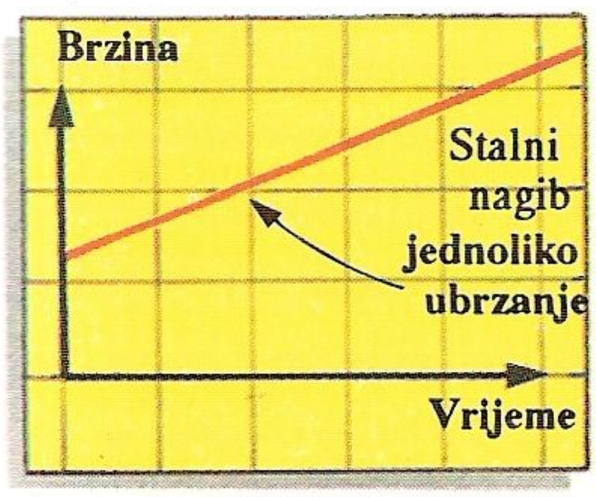


*Vektorska veličina, 108.

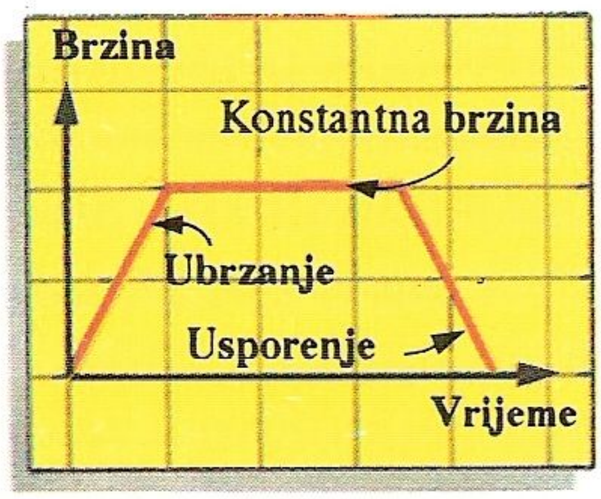
- **Relativna brzina. Brzina** tijela u odnosu na posmatrača koji može i da se kreće.

- **Ubrzanje (akceleracija).** Promjena brzine tijela u datom vremenskom intervalu. To je **vektorska veličina***. Tijelo se ubrzava ako se njegova **brzina** mijenja (obično je to **linearno kretanje**) ili se mijenja njegov pravac kretanja (obično je to **kružno kretanje***), kraće, ako se mijenja **vektor brzine. Usporenje** u jednom pravcu je ubrzanje u suprotnom pravcu kretanja (negativno ubrzanje). Tijelo čija se brzina mijenja jednako u jednakim vremenskim intervalima kreće se **jednolikim ubrzanjem.**

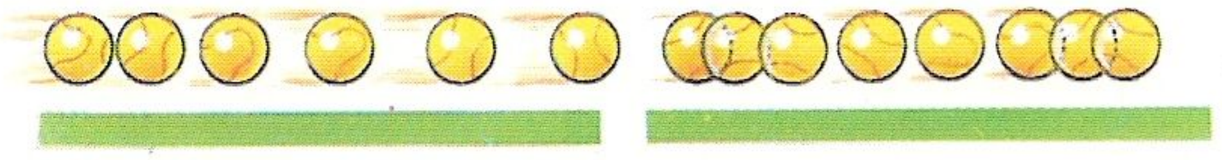
Grafikoni **brzine** u ovisnosti o vremenu



Udaljenost pređena u istim intervalima vremena raste.

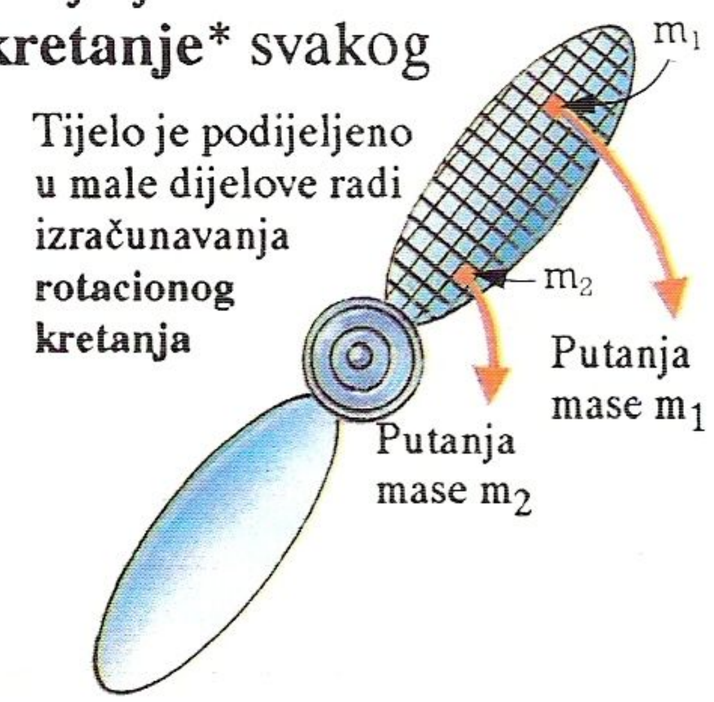


Udaljenost se povećava, ostaje konstantna, pa onda opada.



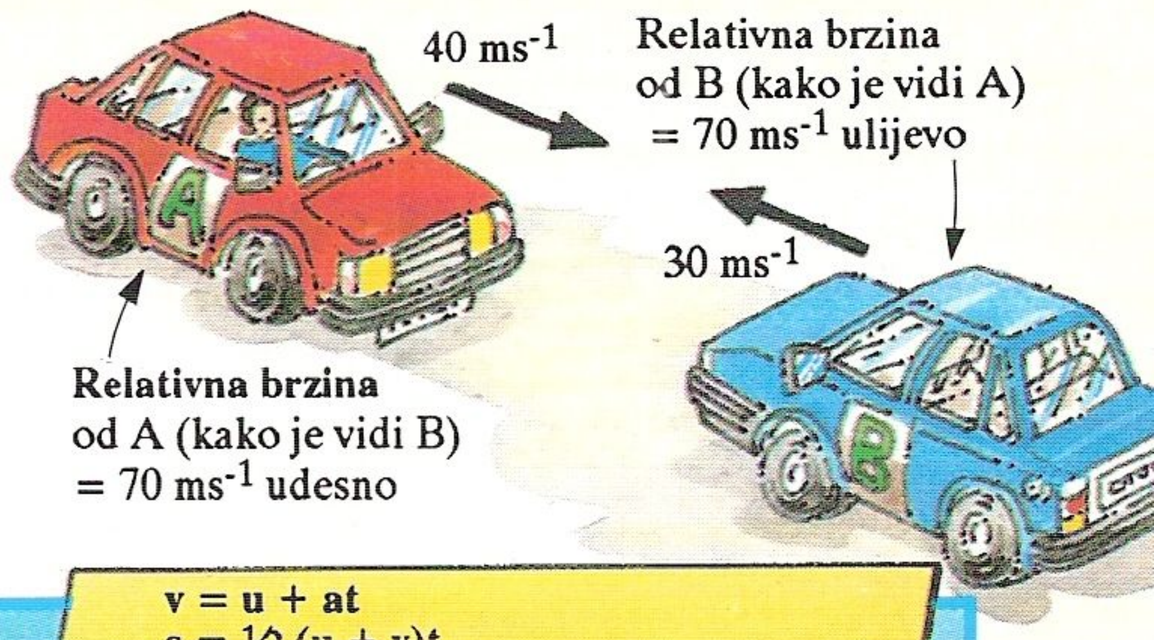
Rotaciono kretanje

Rotaciono kretanje je kretanje tijela oko **centra mase.** Pri rotacionom kretanju, svaki dio tijela kreće se po različitim putanjama, tako da se pri računanju tijelo ne može uzimati kao cjelina. Tijelo mora biti podijeljeno u male dijelove i **kružno kretanje*** svakog dijela mora se razmatrati odvojeno. Tako se može sagledati cjelokupno kretanje tijela.



Tijelo je podijeljeno u male dijelove radi izračunavanja **rotacionog kretanja**

*Kružno kretanje, 17; Vektorska veličina, 108.

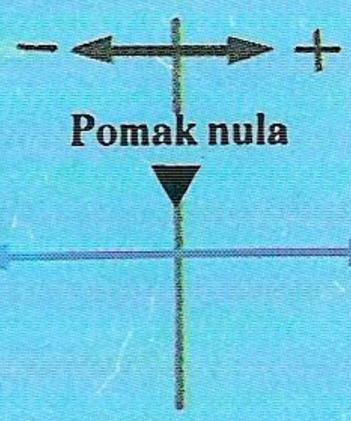


$v = u + at$
$s = \frac{1}{2}(u + v)t$
$s = ut + \frac{1}{2}at^2$
$v^2 = u^2 + 2as$

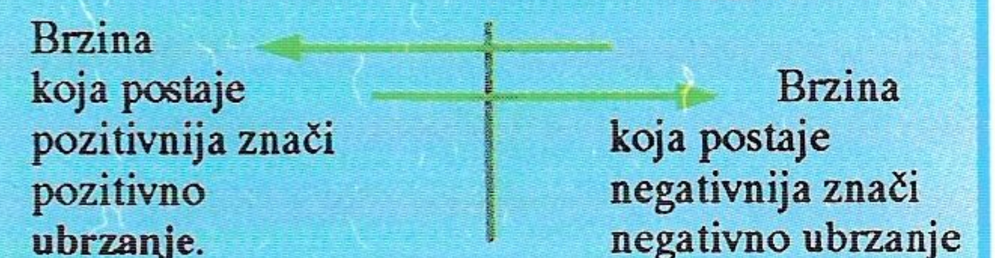
gdje je t = vrijeme, u = početna **brzina** u času = o, v = konačna brzina nakon vremena t, s = **put** nakon t; a = **ubrzanje** (konstantno).

- **Jednačine jednako ubrzanog kretanja.** Jednačine koje se primjenjuju u izračunavanju veličina **linearnog kretanja** sa **konstantnim ubrzanjem.** Moraju se koristiti dogovorene oznake (**konvencija znaka**). U jednačinama je pomak (put), a ne udaljenost, tako da se mora voditi računa o promjenama smjera.

Konvencija znaka — Desna strana kao pozitivna



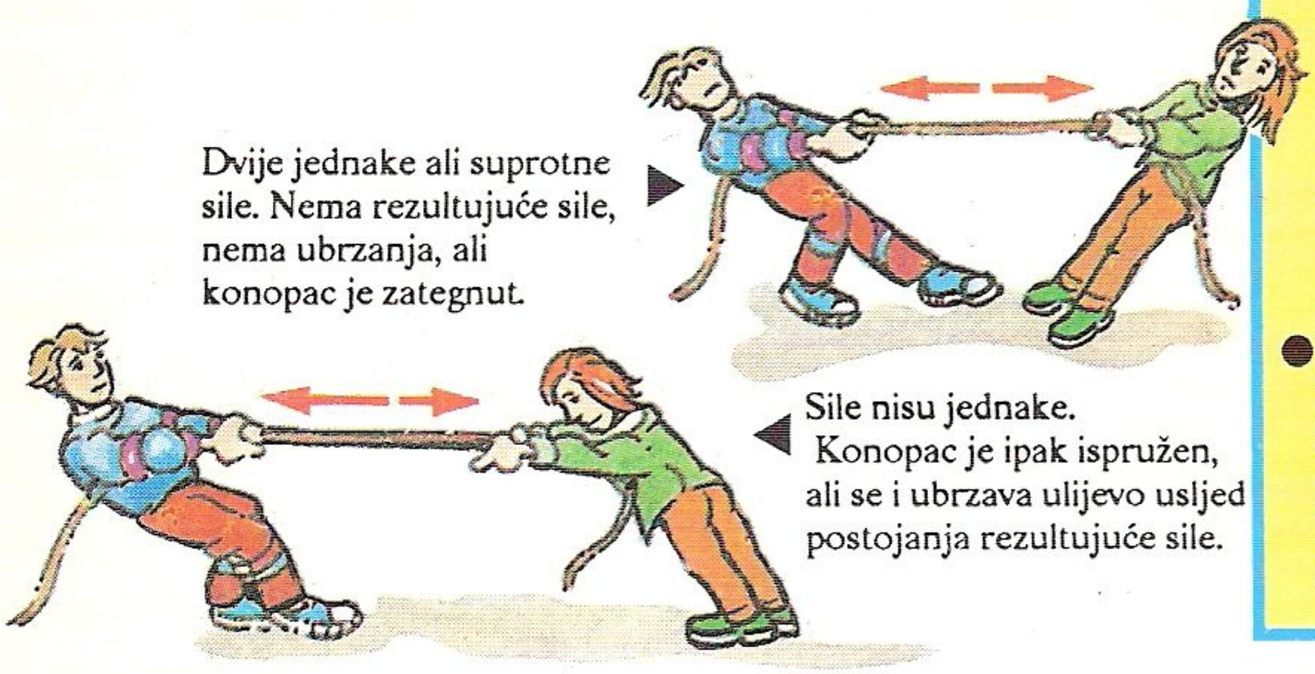




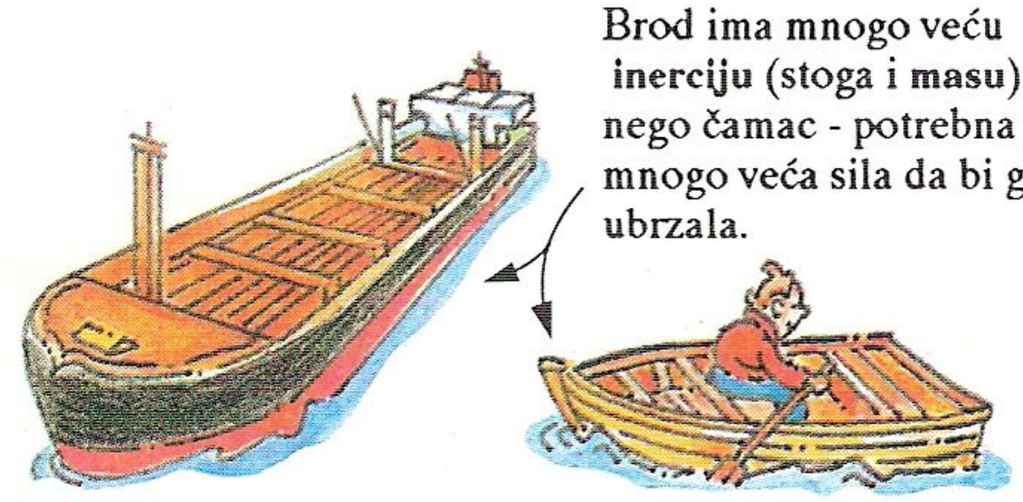
- **Konvencija znaka.** Metod koji se primjenjuje da bi se razlikovalo kretanje u suprotnim pravcima. Jedan pravac je izabran kao pozitivan, te je drugi u tom slučaju negativan. Konvencija znaka se mora koristiti pri upotrebi jednačina kretanja (vidi gore).

Dinamika

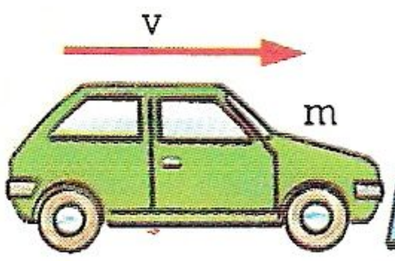
Dinamika je nauka koja proučava odnos između kretanja tijela i sila koje na njega djeluju. Ako na tijelo djeluje jedna sila, ona mijenja njegovu brzinu i / ili pravac (tj. **ubrzava*** ga). Ako djeluju dvije ili više sila a nema rezultujuće sile, tijelo se ne ubrzava nego mijenja oblik.



- **Masa.** Mjera **inercije** tijela. Sila potrebna da bi ubrzala neko tijelo za određenu vrijednost, zavisi od njegove mase. Veća masa zahtijeva veću silu.
- **Inercija.** Težnja tijela da se suprotstavi promjeni brzine (tj. da se suprotstavi sili koja pokušava da ga ubrza). To svojstvo mjeri **masa.**



- **Impuls (količina kretanja).** Masa tijela pomnožena sa njegovom brzinom. Pošto je brzina **vektorska veličina***, onda je to i impuls. Vidi takođe i **Zakon održanja impulsa.**



Impuls = mv

gdje je m = masa, v = brzina.

- **Njutnovi zakoni kretanja.** 1770-tih godina Njutn (I. Newton) je formulisao tri zakona koja se odnose na silu i kretanje.



- **Prvi Njutnov zakon.** Ako je tijelo u stanju mirovanja ili ako su mu brzina i njen pravac konstantni, onda je rezultujuća sila nula.

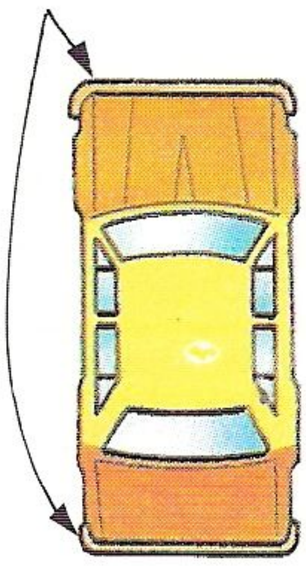
- **Impuls sile.** Sila koja djeluje na tijelo pomnožena sa vremenom njenog dejstva. Prema **Drugom Njutnovom zakonu** impuls sile je jednak promjeni **impulsa** tijela. Jednaka promjena impulsa može se postići malom silom koja dugo djeluje ili velikom kratkotrajnom silom.

Impuls sile = Ft

gdje je F = sila, t = vrijeme.

Pošto je sila mjera promjene impulsa (vidi **Drugi Njutnov zakon**), onda je:

Impuls sile = promjeni impulsa



- **Sudar.** Pojava do koje dolazi kada dva ili više tijela djeluju silama jedni na druge. Izraz sudar ovdje nema uobičajeno značenje, jer tijela koja se sudaraju ne moraju biti u kontaktu.

*Ubrzanje, 11; Vektorska veličina, 108.

● **Drugi Njutnov zakon.** Ako se **impuls** nekog tijela mijenja, tj. ako se tijelo ubrzava, onda mora postojati rezultujuća sila koja djeluje na njega. **Masa** tijela je konstantna pa je sila proporcionalna ubrzanju tijela. Pravac ubrzanja je isti kao pravac sile.

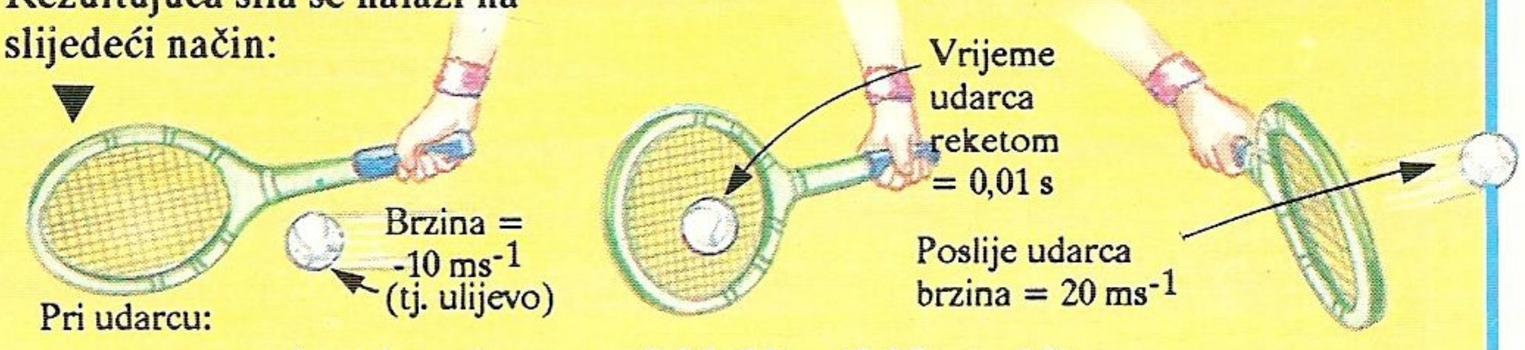
$$\text{Sila} = \frac{\text{promjena impulsa}}{\text{vrijeme}}$$

Ako je **masa** konstantna (kao ovdje), onda je

$$\text{Sila} = \text{masa} \cdot \text{ubrzanje}$$

Primjer: kada je udari reket, lopta za tenis (masa 0,05 kg) promijeni **impuls**. Rezultujuća sila se nalazi na slijedeći način:

Ne zaboravite da se pokret udesno smatra pozitivnim (str . 11, **konvencija znaka**)



$$\text{Sila} = \frac{\text{promjena impulsa}}{\text{vrijeme}} = \frac{(0{,}05 \cdot 20) - (0{,}05) \cdot (-10)}{0{,}01} = 150 \text{ N}$$

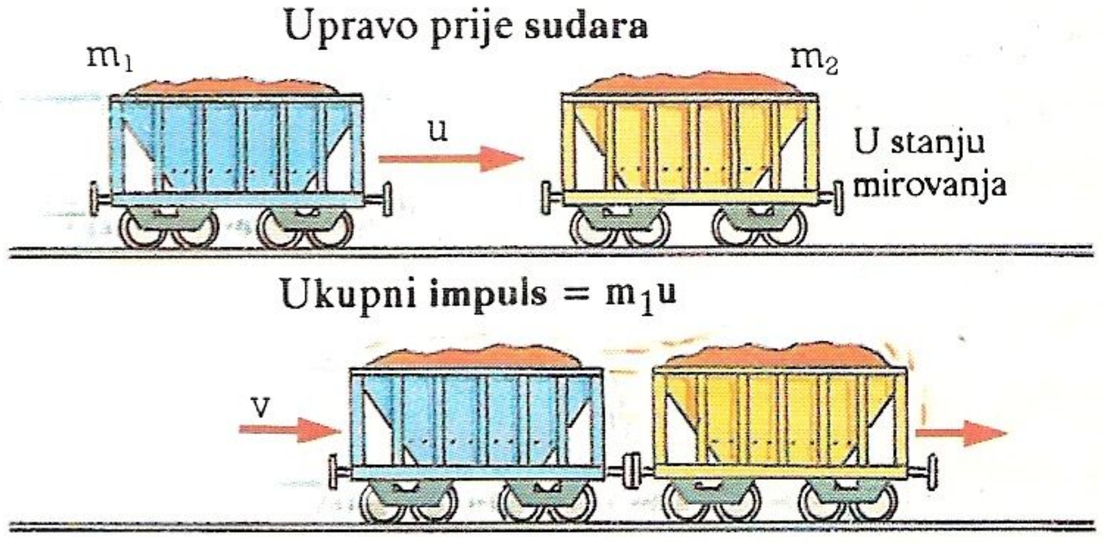
ili

$$\text{Sila} = \text{masa} \cdot \text{ubrzanje} = \frac{\text{masa} \cdot \text{promjena brzine}}{\text{vrijeme}} = \frac{0{,}05 \cdot 30}{0{,}01} = 150 \text{ N}$$



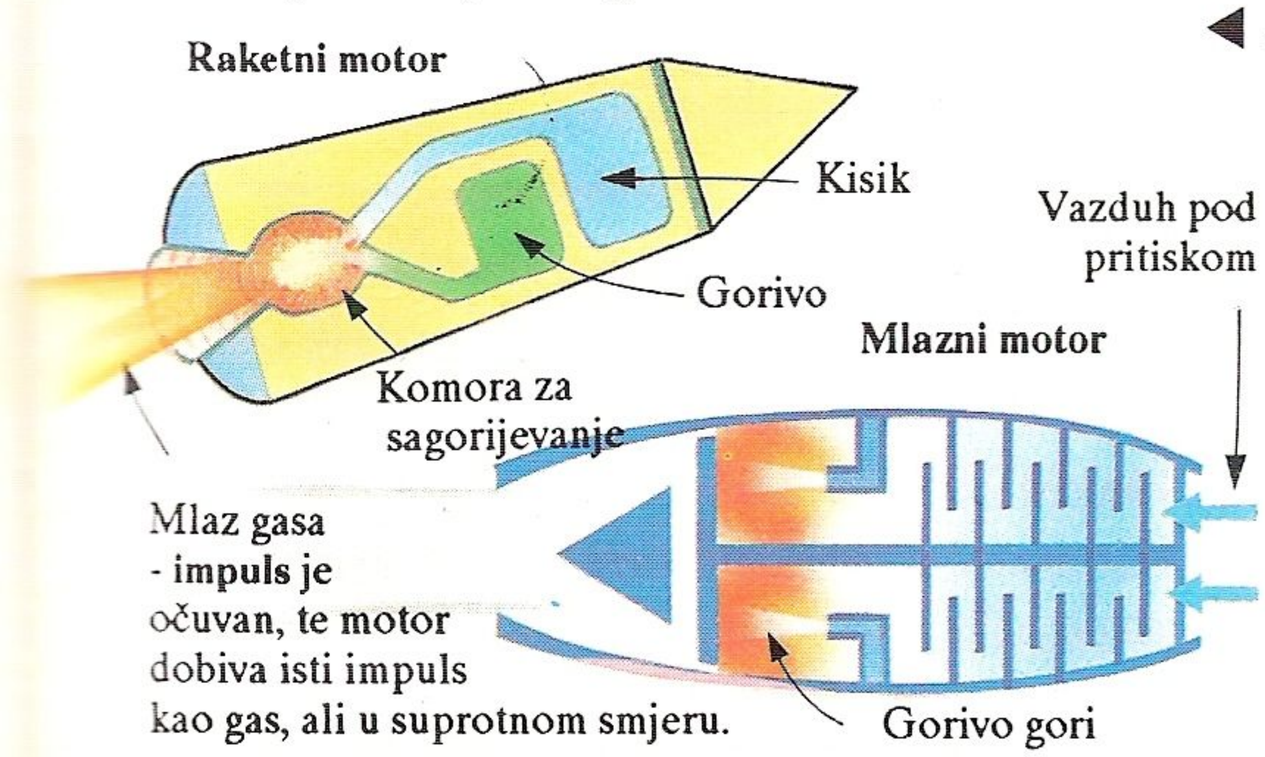
● **Treći Njutnov zakon.** Sile se uvijek javljaju u parovima pod imenom **akcija** i **reakcija**. Tako, ako tijelo A djeluje na tijelo B, tijelo B djeluje jednakom ali suprotnom silom na A. Ove sile ne poništavaju jedna drugu, pošto djeluju na razna tijela.

● **Zakon održanja impulsa.** Kada dva ili više tijela međudjeluju (kada se **sudaraju**), njihov ukupni **impuls** ostaje konstantan ukoliko ne djeluju nikakve vanjske sile. Ako je vrijeme sudara veoma malo i ako se sistem razmatra upravo prije sudara ili upravo poslije njega, onda se sile kao što je trenje mogu zanemariti.



Masa se povećava-brzina opada da bi očuvala impuls.

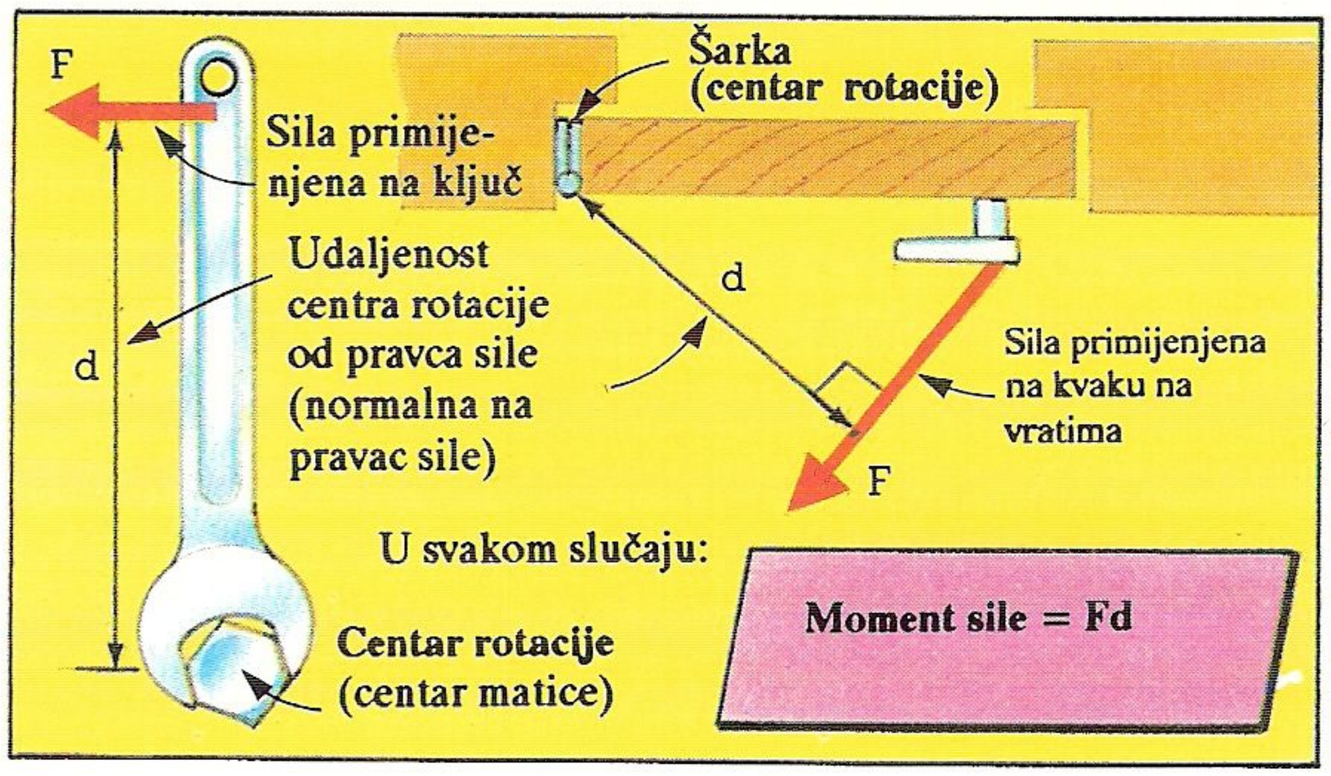
● **Raketni motor.** Motor koji mlaz gasa velike brzine, proizveden izgaranjem goriva koje se nalazi u motoru, ispušta kroz otvor. **Masa** gasa je mala, ali njegova velika brzina pokazuje da on ima veliki **impuls**. Raketa dobiva jednak impuls u suprotnom smjeru (vidi **Zakon održanja impulsa**). Raketni motori se upotrebljavaju u svemiru, jer je za rad ostalih motora potreban vazduh.



● **Mlazni motor.** Motor koji usisava vazduh da izvrši paljenje goriva, što stvara mlaz gasa velike brzine. Princip je isti kao kod **raketnog motora** , osim što se gas proizvodi na drugi način i motor se ne može upotrebljavati u svemiru, jer mu je za rad potreban vazduh.

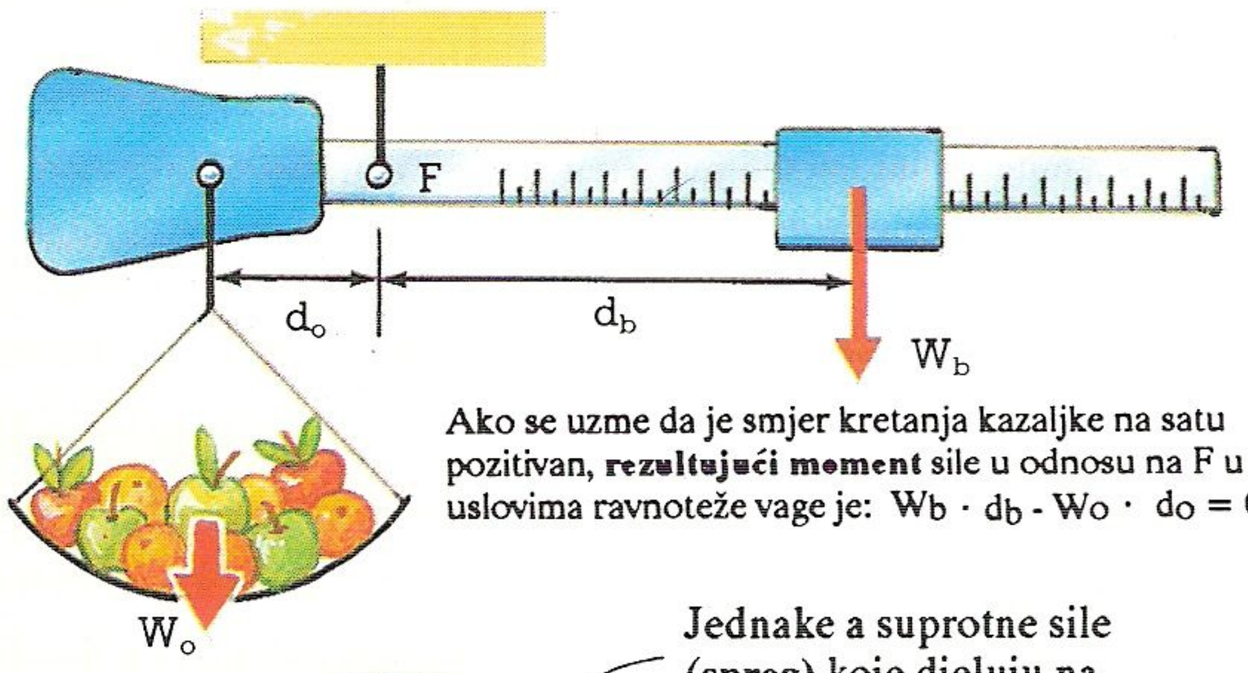
Moment sile

Dejstvo sile izaziva **ubrzanje** * (**vidi dinamika**, str. 12). Kod **linearnog kretanja*** to je **linearno ubrzanje**. Kod **rotacionog kretanja* ugaono ubrzanje*** (brže ili sporije obrtanje) je prouzrokovano obrtnim momentom ili **momentom sile** koji djeluje u odnosu na osu rotacije (centar rotacije, oslonac).

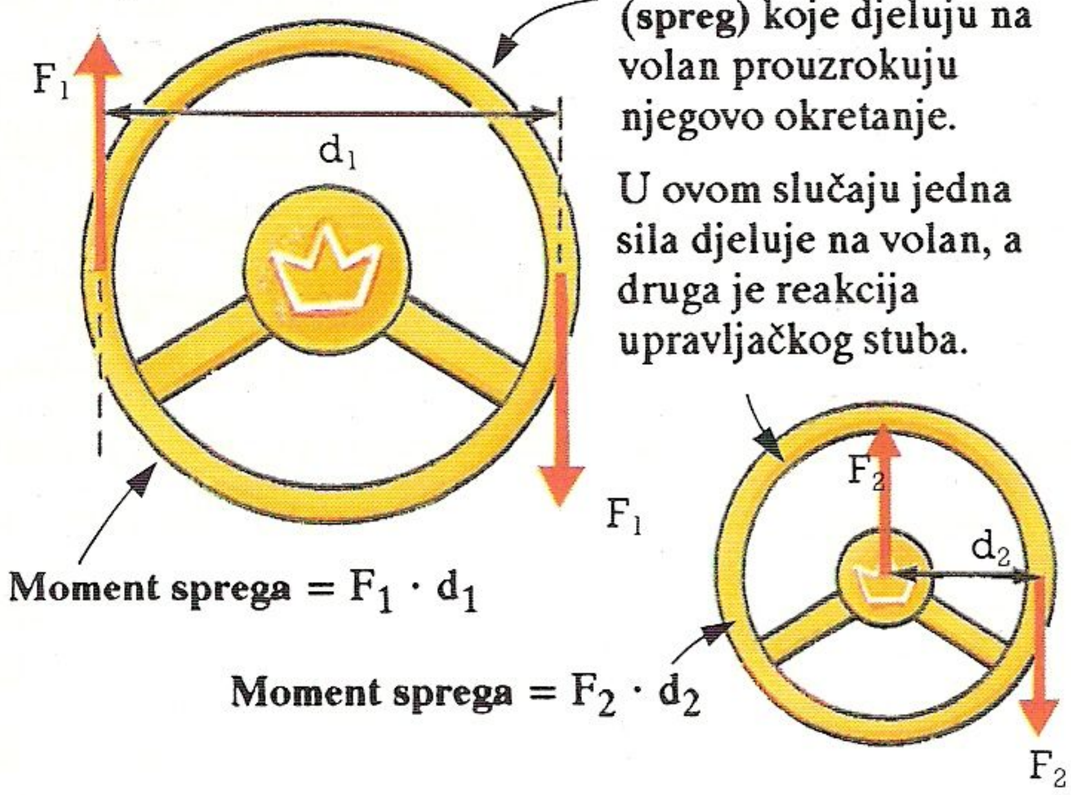


- **Obrtni moment ili moment sile.** Mjera sposobnosti sile da obrće tijelo oko ose (centra rotacije). To je proizvod sile s normalnom udaljenošću ose od pravca djelovanja sile (vidi crtež desno). **SI - jedinica*** momenta sile je **njutn metar (Nm).**

Izbalansirana vaga u rotacionoj ravnoteži



Ako se uzme da je smjer kretanja kazaljke na satu pozitivan, **rezultujući moment** sile u odnosu na F u uslovima ravnoteže vage je: $W_b \cdot d_b - W_o \cdot d_o = 0$



Pri razmatranju momenata sila, osa, u odnosu na koju se oni računaju je učvršćena. Mora se primjenjivati **konvencija znaka*** da bi se razlikovali momenti koji djeluju u smjeru kretanja kazaljke na satu i momenti koji djeluju u suprotnom smjeru. **Rezultujući moment** je onaj koji ima isti efekat kao i svi drugi pojedinačni momenti.

- **Spreg sila.** Dvije jednake paralelne sile suprotnog smjera koje ne djeluju duž iste linije. One proizvode samo efekat okretanja bez **translatornog kretanja***. **Moment sprega** je zbir momenata silâ koje obrazuju spreg i jednak je proizvodu normalne udaljenosti između pravaca djelovanja silâ i veličine sile.

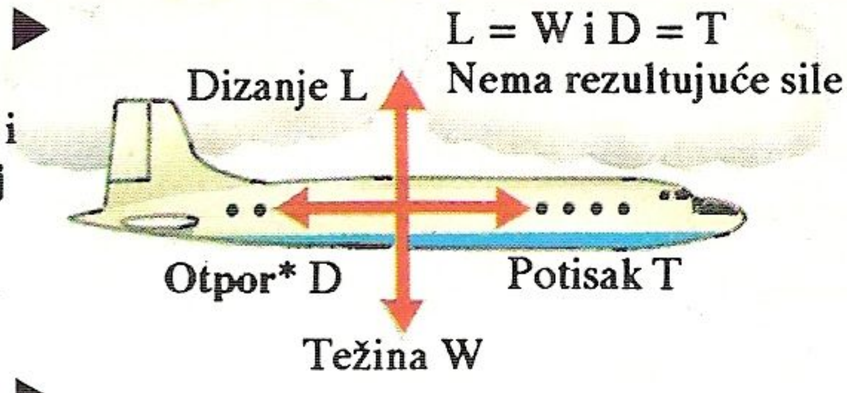
Ravnoteža

Kada se tijelo ne ubrzava, onda je rezultujuća sila (udružen efekat svih sila koje na njega djeluju) jednaka nuli, i kaže se da je tijelo u **ravnoteži.** Može biti u **linearnoj ravnoteži** (tj. centar mase* se ne ubrzava) i / ili u **rotacionoj ravnoteži** (tj. nema ubrzanja oko centra mase). Uz to, obje vrste ravnoteže su ili **statičke** (nepokretne) ili **dinamičke** (pokretne).

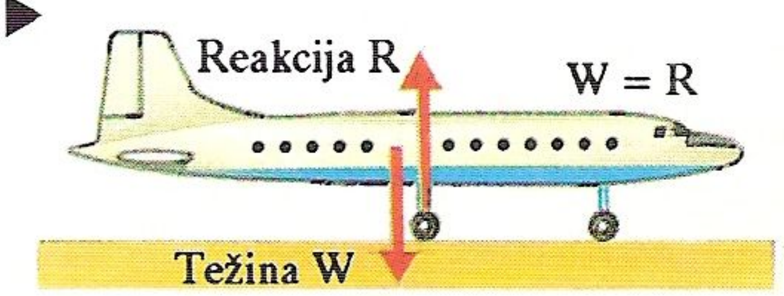
*Ubrzanje, 11; Ugaono ubrzanje, 17; Centar mase, 10; Linearno kretanje, 10; Rotaciono kretanje, Konvencija znaka, 11; SI - jedinice, 96; Translatorno kretanje, 10.

● **Linearna ravnoteža.** Stanje u kojem nema ubrzanja **centra mase*** tijela, tj. ne mijenjaju se njegova brzina i pravac kretanja. Rezultujuća sila koja djeluje na tijelo u linearnoj ravnoteži mora biti nula (vidi **Treći Njutnov zakon**, str. 13).

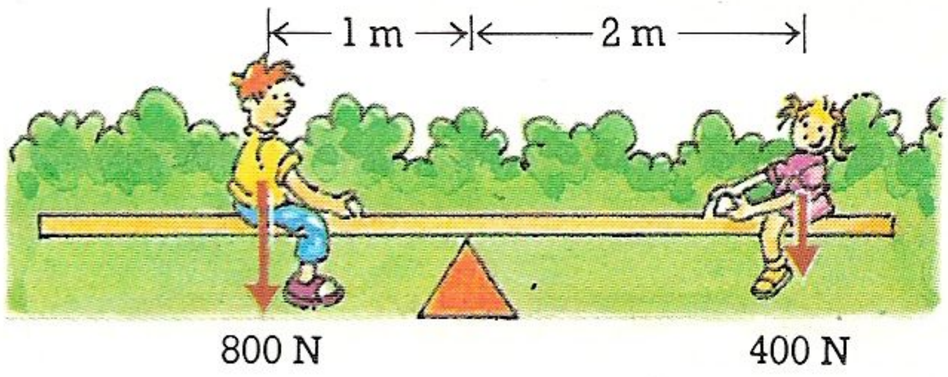
Avion u letu je u **dinamičkoj linearnoj ravnoteži i statičkoj rotacionoj ravnoteži** - konstantna brzina duž pravca



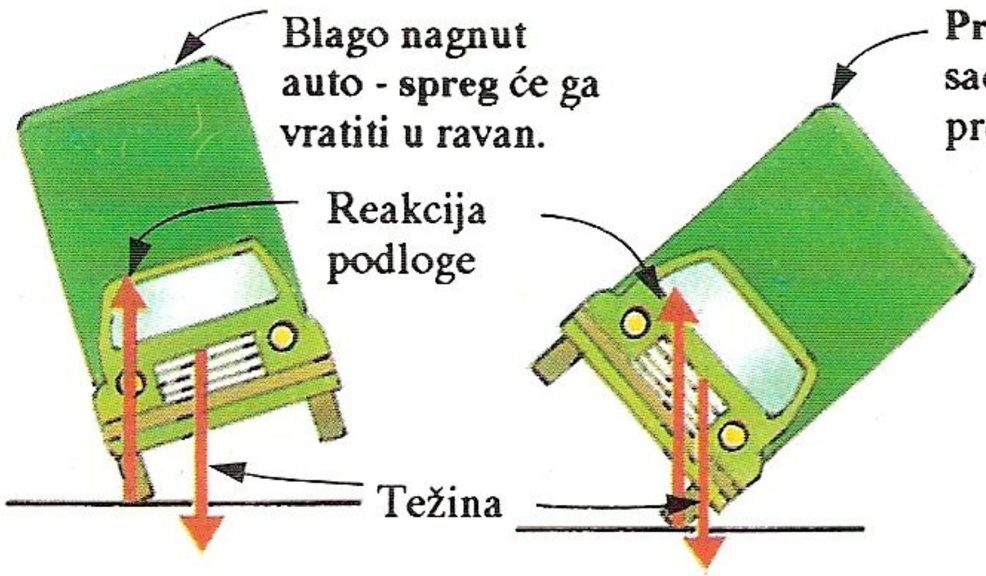
Avion na tlu u **statičkoj ravnoteži (linearnoj i rotacionoj)**



● **Rotaciona ravnoteža.** Stanje tijela u kome nema **ugaonog ubrzanja***, tj. ono se okreće konstantnom **ugaonom brzinom***. Ako je tijelo u rotacionoj ravnoteži, **rezultujući moment sile** (vidi **moment sile**) oko bilo koje ose je nula. Ovo se zove **pravilo momenata.**



Klackalica je u statičkoj rotacionoj ravnoteži pošto je $800 \cdot 1 = 400 \cdot 2$



Vertikalna linija kroz **centar mase*** prolazi kroz osnovu.

Vertikalna linija izvan osnove.

Nizak **centar mase*** i široka osnova čine trkaći automobil veoma stabilnim.

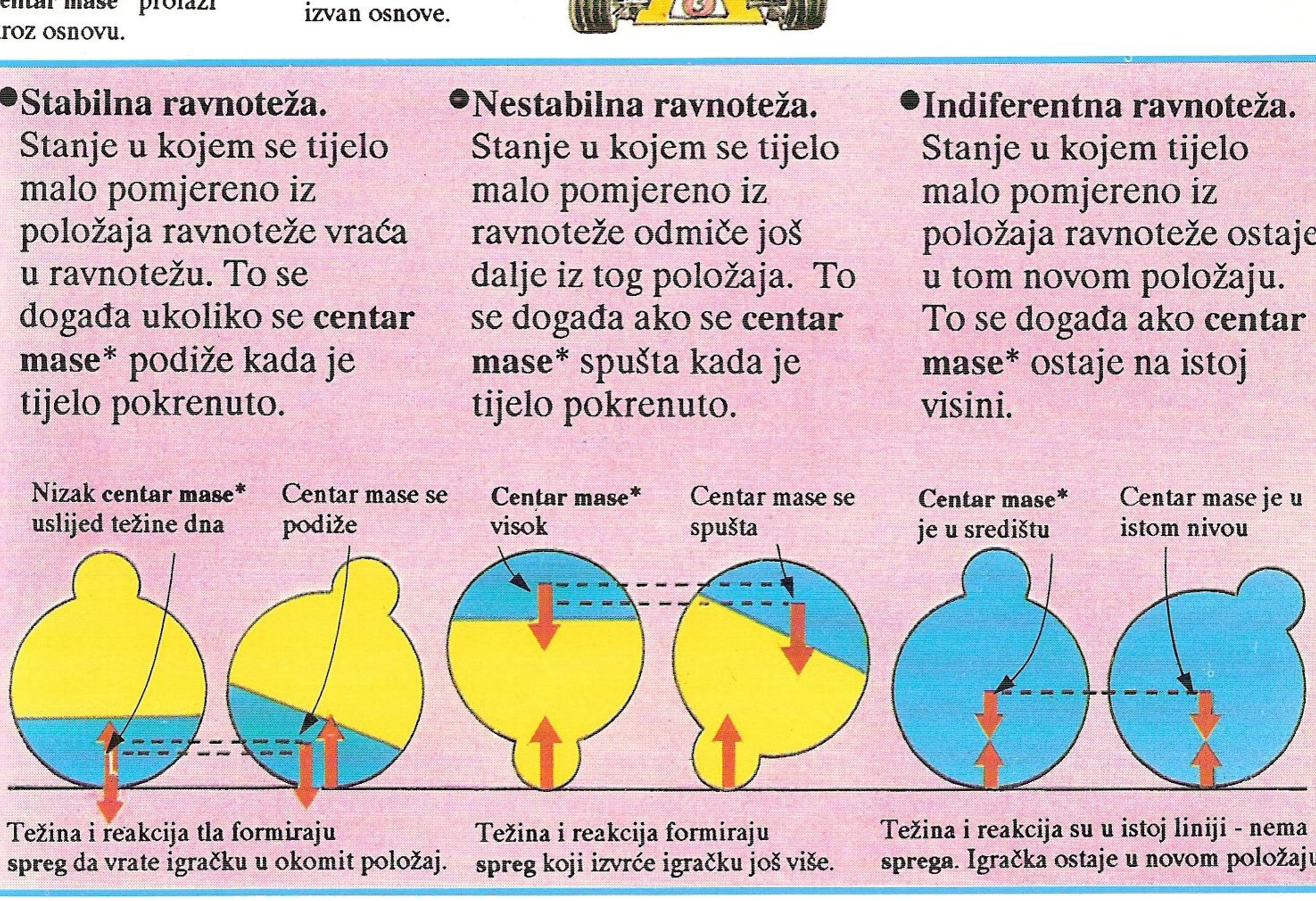


● **Prevrtanje.** Stanje koje nastupa kad vertikalna linija kroz **centar mase*** tijela ne prolazi kroz njegovu osnovu. Ako se to dogodi, **spreg sila** težine i reakcije tla dalje prevrće tijelo (vidi sliku lijevo).

● **Stabilna ravnoteža.** Stanje u kojem se tijelo malo pomjereno iz položaja ravnoteže vraća u ravnotežu. To se događa ukoliko se **centar mase*** podiže kada je tijelo pokrenuto.

● **Nestabilna ravnoteža.** Stanje u kojem se tijelo malo pomjereno iz ravnoteže odmiče još dalje iz tog položaja. To se događa ako se **centar mase*** spušta kada je tijelo pokrenuto.

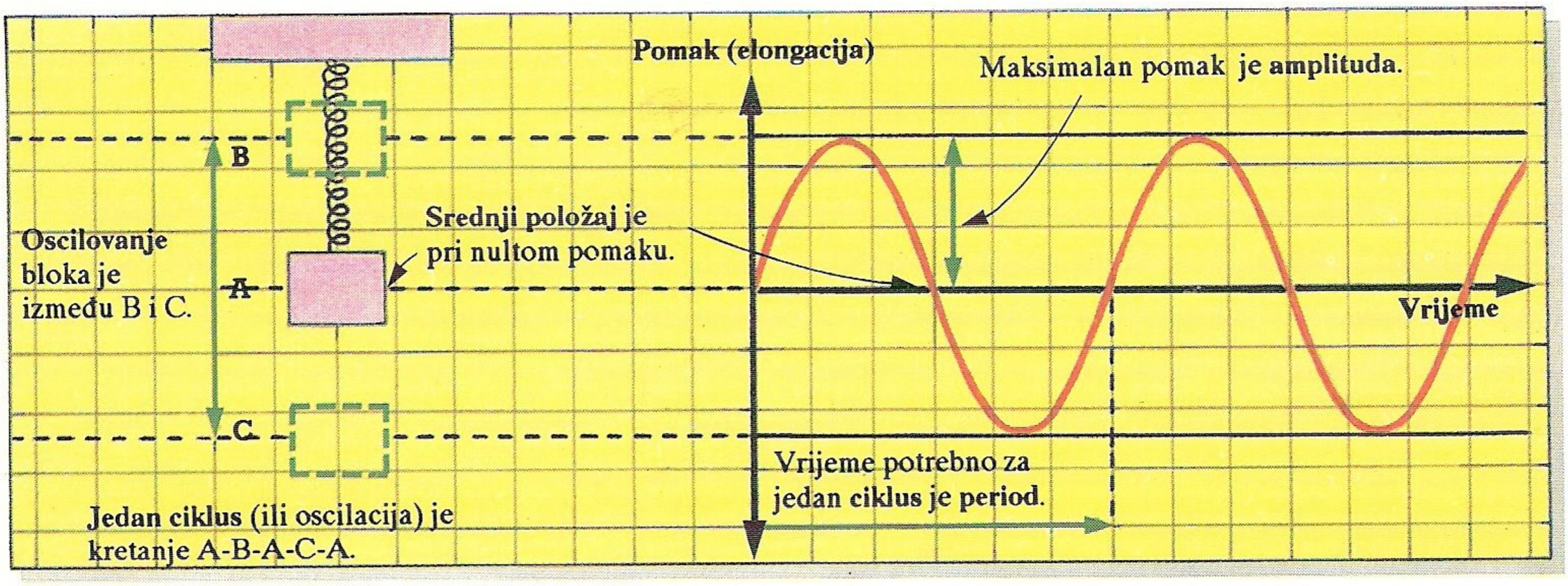
● **Indiferentna ravnoteža.** Stanje u kojem tijelo malo pomjereno iz položaja ravnoteže ostaje u tom novom položaju. To se događa ako **centar mase*** ostaje na istoj visini.



*Ugaono ubrzanje, Ugaona brzina, 17; Centar mase, 10; Otpor, 19; (Konačna brzina)

Periodično kretanje

Periodično kretanje je bilo koje kretanje koje se ponavlja u pravilnim vremenskim intervalima. Primjeri ovakvog kretanja su vidljivi kod tijela koja se kreću ukrug (**kružno kretanje**), njihanje klatna i vibriranje molekula. **Talasno kretanje*** je periodično kretanje čestica ili polja.



- **Ciklus.** Kretanje koje se izvrši od jedne tačke i nazad do nje. Npr. jedna rotacija tijela koje se obrće.

- **Oscilacije.** Periodično kretanje između dva krajnja položaja, npr. masa na kraju opruge koja se kreće gore - dolje. U oscilatornom sistemu postoji međusobno pretvaranje **kinetičke*** i **potencijalne energije***. Ukupna energija sistema (zbir kinetičke i potencijalne energije) ostaje stalna ako ne postoji **prigušenje.**

- **Period (T).** Vrijeme potrebno da se izvrši jedan **ciklus** kretanja, npr. period rotacije Zemlje oko njene ose je 24 sata.

- **Frekvencija (f).** Broj **ciklusa** nekog kretanja u sekundi. **SI - jedinica*** frekvencije je **herc (Hz)**, koji iznosi jedan ciklus u sekundi.

$$f = \frac{1}{T}$$

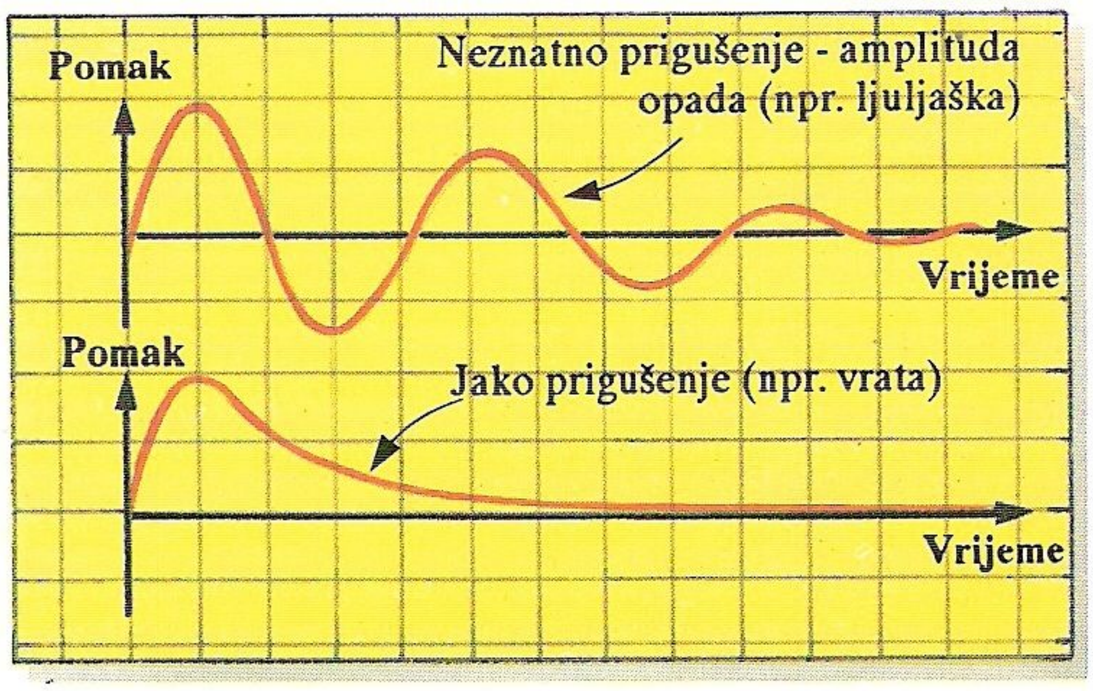
gdje je f = **frekvencija**
T = **period.**

- **Srednji položaj.** Položaj oko kojeg tijelo **osciluje** i u kojem se zaustavlja nakon oscilacije, npr. srednji položaj klatna je kada je klatno vertikalno. Tačka koja odgovara nultom pomaku oscilirajuće čestice obično se uzima kao srednji položaj.

- **Amplituda.** Maksimalni pomak **oscilujuće** čestice u odnosu na **srednji položaj.**

- **Prigušenje.** Proces u kojem **oscilacije** prestaju uslijed gubitka energije, npr. amortizeri automobila prigušuju oscilacije kada automobil naiđe na ispupčenje.

Prigušenje u oscilatornom sistemu

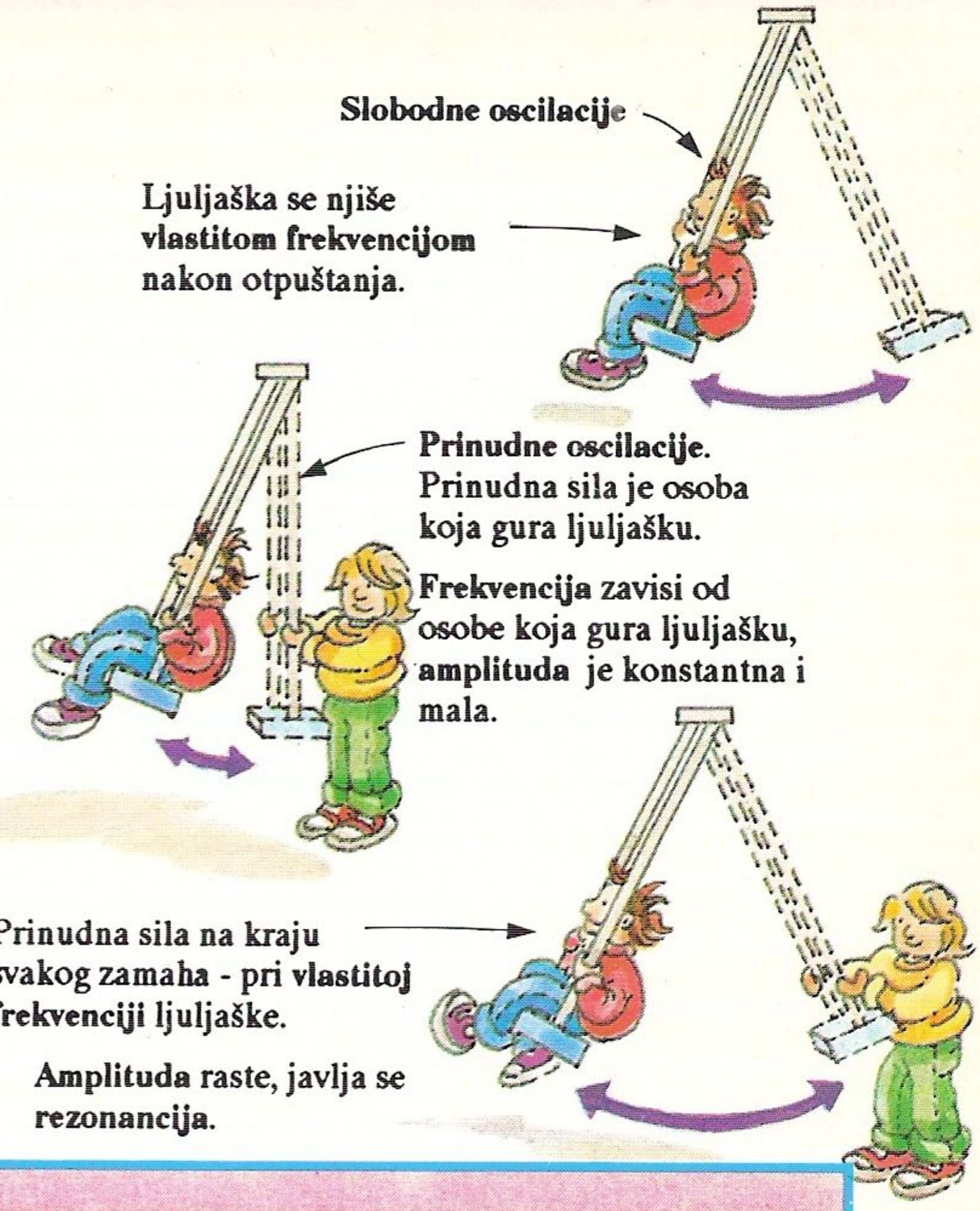


*Kinetička energija, 9; Potencijalna energija, 8; Si-jedinice, 96; Talasno kretanje, 34.

- **Slobodne oscilacije. Oscilacije** sistema nakon što je pokrenut. **Period** i **frekvencija** sistema zovu se **vlastiti period** i **vlastita frekvencija** (one ostaju iste sve dok **prigušenje** nije veliko.

- **Prinudne oscilacije. Oscilacije** sistema na koji u pravilnim razmacima djeluje prinudna sila. Sistem oscilira **frekvencijom** te sile, nezavisno od svoje **vlastite frekvencije.**

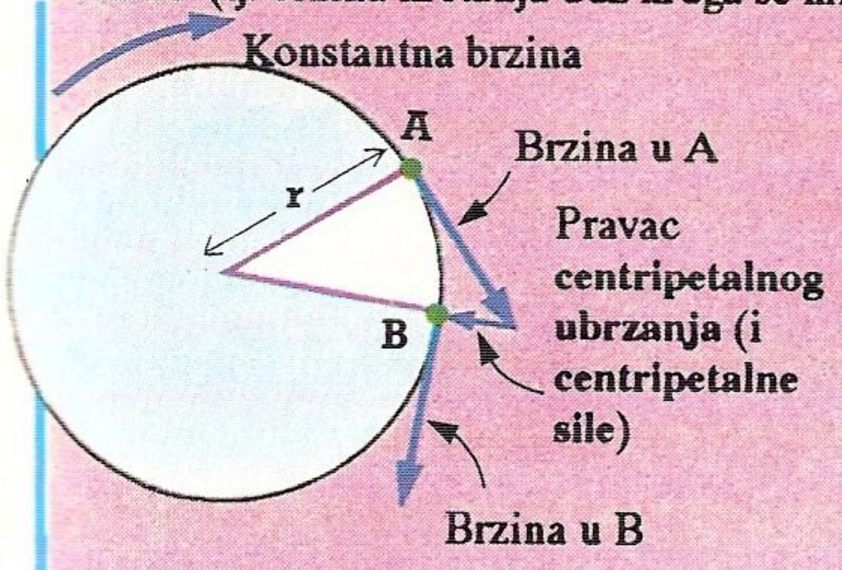
- **Rezonancija.** Efekat koji pokazuje sistem kada je **frekvencija** prinudne sile (sile koja djeluje na sistem) gotovo jednaka **vlastitoj frekvenciji** sistema. Sistem tada osciluje velikom **amplitudom.**





Kružno kretanje

Jednoliko kružno kretanje je kretanje tijela po krugu konstantnom brzinom. Pošto se pravac kretanja,a time i vektor brzine mijenjaju, tijelo se konstantno ubrzava prema centru (**centripetalno ubrzanje**), postoji sila koja djeluje prema centru. Kružno kretanje se može razmatrati u terminima **ugaone brzine.**



$$a = \frac{v^2}{r}$$

gdje a = centripetalno ubrzanje,
v = brzina duž kruga,
r = radijus kruga

- **Centripetalno ubrzanje (a).** Ubrzanje tijela pri kružnom kretanju (vidi gore) koje djeluje prema centru kruga.

- **Centripetalna sila.** Sila koja djeluje na tijelo prema centru kruga da bi proizvela **centripetalno ubrzanje** i tako održala tijelo u kružnom kretanju.

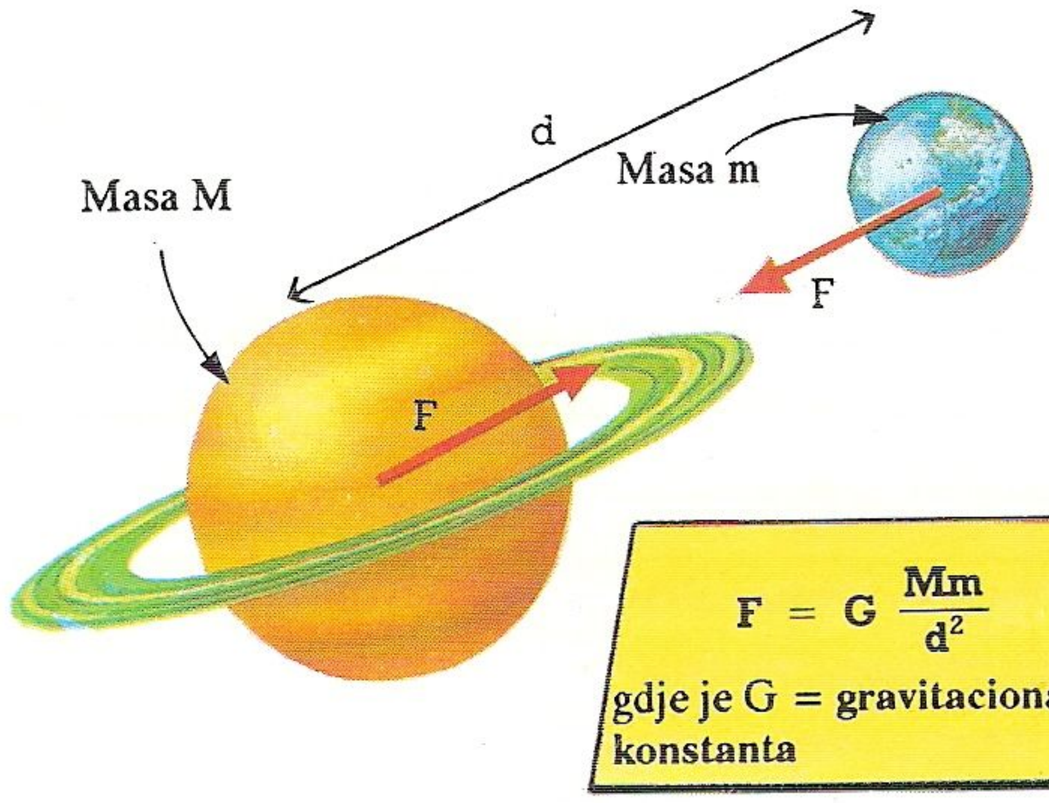
- **Centrifugalna sila.** Sila koja je po veličini jednaka centripetalnoj, ali su ove dvije sile suprotnog smjera.



Gravitacija

Gravitacija je efekat **gravitacione sile*** privlačenja (vidi i str. 104), koja djeluje među svim objektima u svemiru. Primijećena je kod velikih objekata kao što su planete koje ostaju u orbiti zbog te sile. Gravitaciona sila između nekog tijela i planete koja privlači tijela prema planeti zove se **težina tijela.**

- **Njutnov zakon gravitacije** tvrdi da između bilo koja dva tijela određene mase postoji gravitaciona privlačna sila koja zavisi od njihovih masa i udaljenosti među njima. **Gravitaciona konstanta** (G) ima vrijednost $6,7 \cdot 10^{-11}$ $Nm^2 kg^{-2}$, i njena mala vrijednost znači da su gravitacione sile zanemarljive osim ako jedna masa nije vrlo velika.



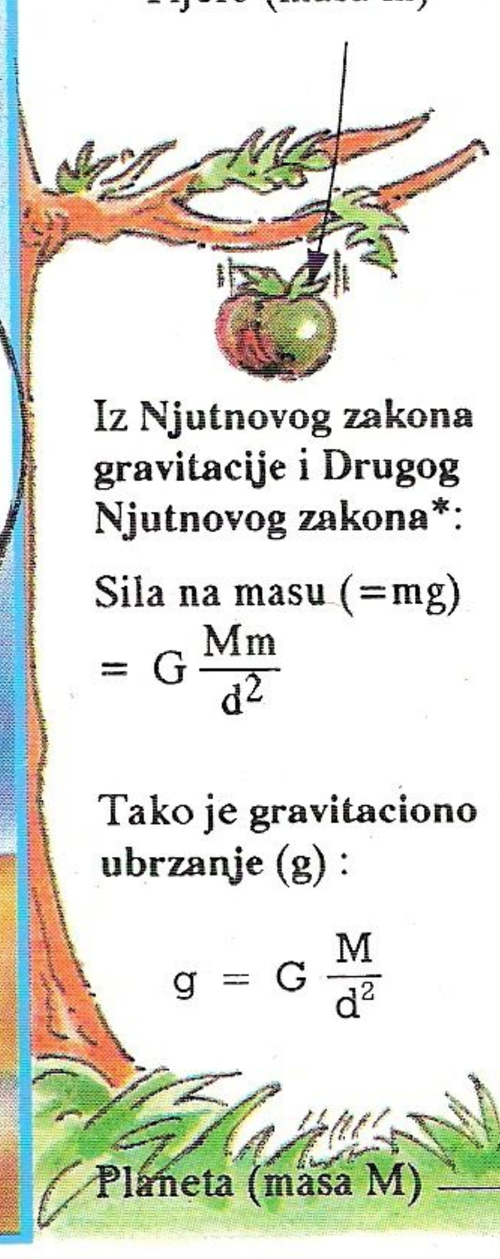
$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$

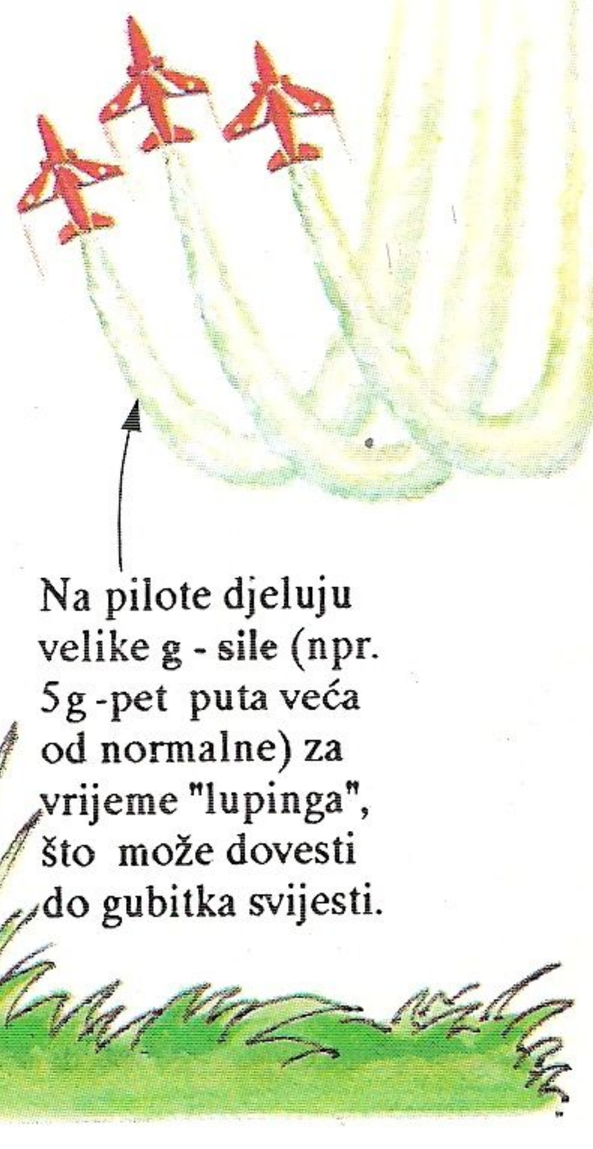
gdje je G = gravitaciona konstanta

- **Težina.** Privlačna gravitaciona sila kojom veliki objekti (npr. planete) djeluju na druga tijela. Težina nekog tijela nije konstantna , nego zavisi od udaljenosti od planete i od njene mase. Otuda, iako masa tijela ne zavisi od njegovog položaja, njegova težina zavisi.

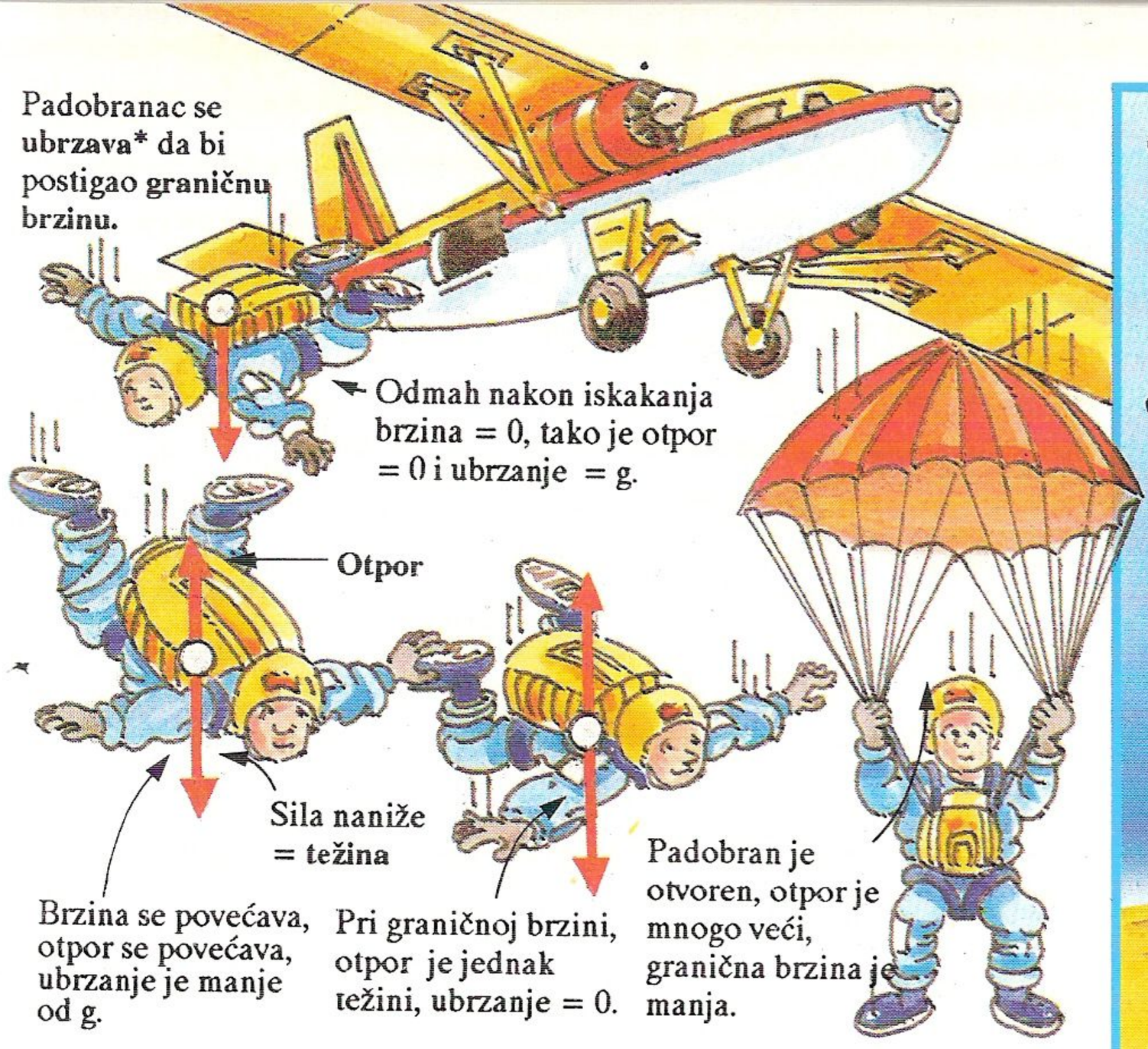


- **Gravitaciono ubrzanje (g).** **Ubrzanje*** prouzrokovano privlačnom gravitacionom silom. Njegova vrijednost je ista za bilo koju masu na datom mjestu. Ona iznosi oko 9,8 ms^{-2} na Zemljinoj površini i opada iznad površine u skladu sa **Njutnovim zakonom gravitacije.** Vrijednost 9,8 ms^{-2} se koristi kao jedinica za ubrzanje (g - sila).





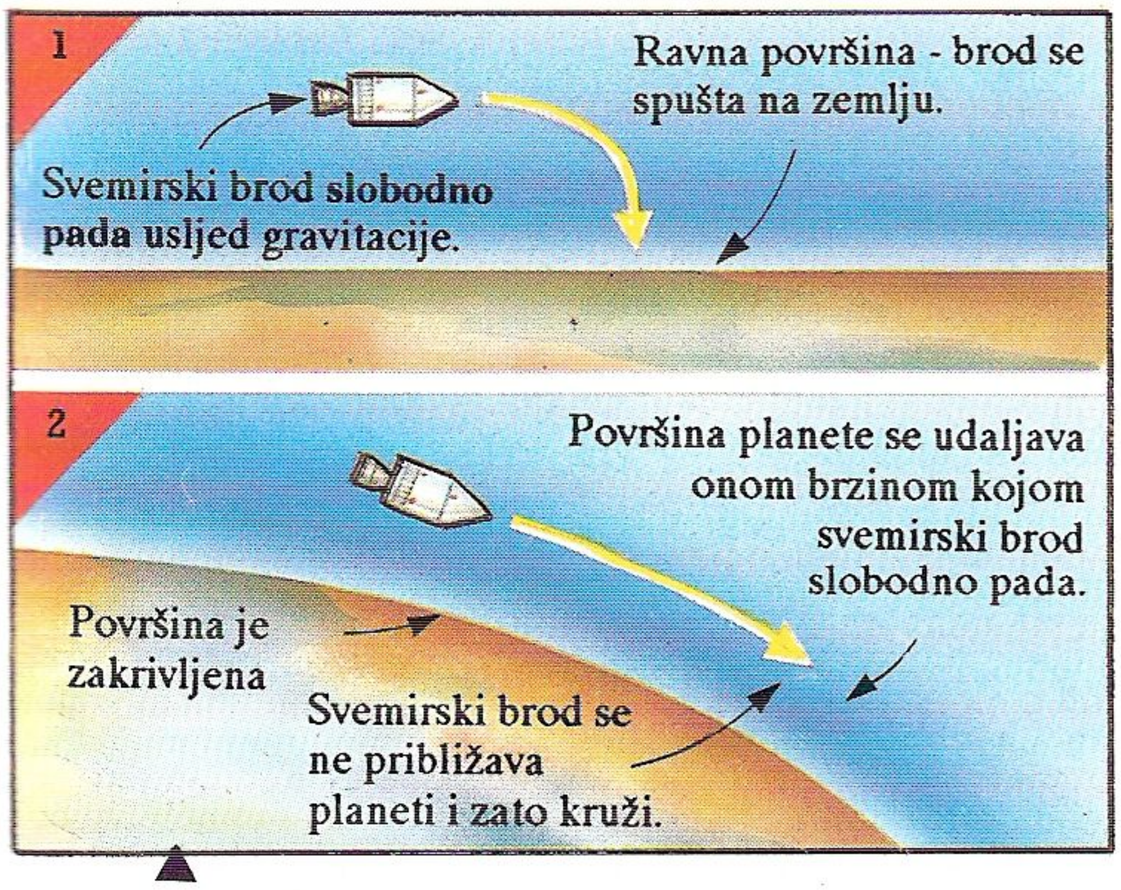
* **Ubrzanje**, 11; **Gravitaciona sila**, 6; **Drugi Njutnov zakon**, 13.



- **Granična brzina.** Maksimalna konstantna brzina koju tijelo postiže padajući kroz gas ili tečnost.

Povećanjem brzine otpor vazduha ili tečnosti (**otpor**) se povećava. Na kraju, otpor je jednak **težini** tijela.

- **Brzina izlaska (Druga kosmička brzina).** Minimalna brzina kojom se tijelo mora kretati da bi izašlo iz gravitacionog polja planete, bez daljeg pogona. Ona je oko 40 000 kmh^{-1} na Zemlji.

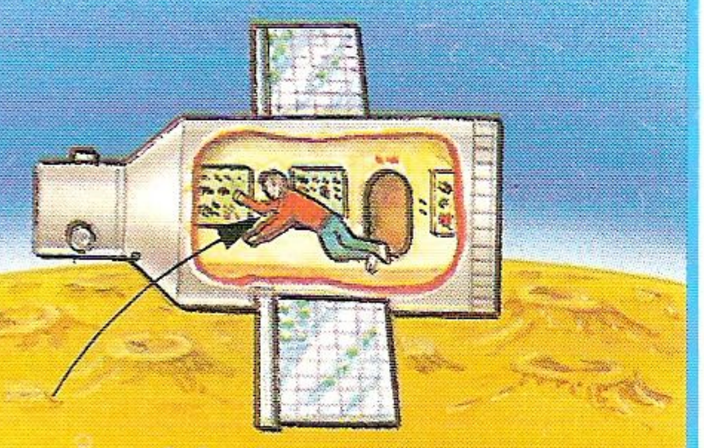


- **Slobodan pad.** Kretanje tijela kad na njega djeluje samo gravitaciona sila (npr. kada nema nikakvog otpora ili djelovanja drugih sila, recimo otpora vazduha).

* Ubrzanje, 11; Period, 16.

- **Besteżinsko stanje.** Stanje u kojem tijelo ne djeluje silom na svoju okolinu.

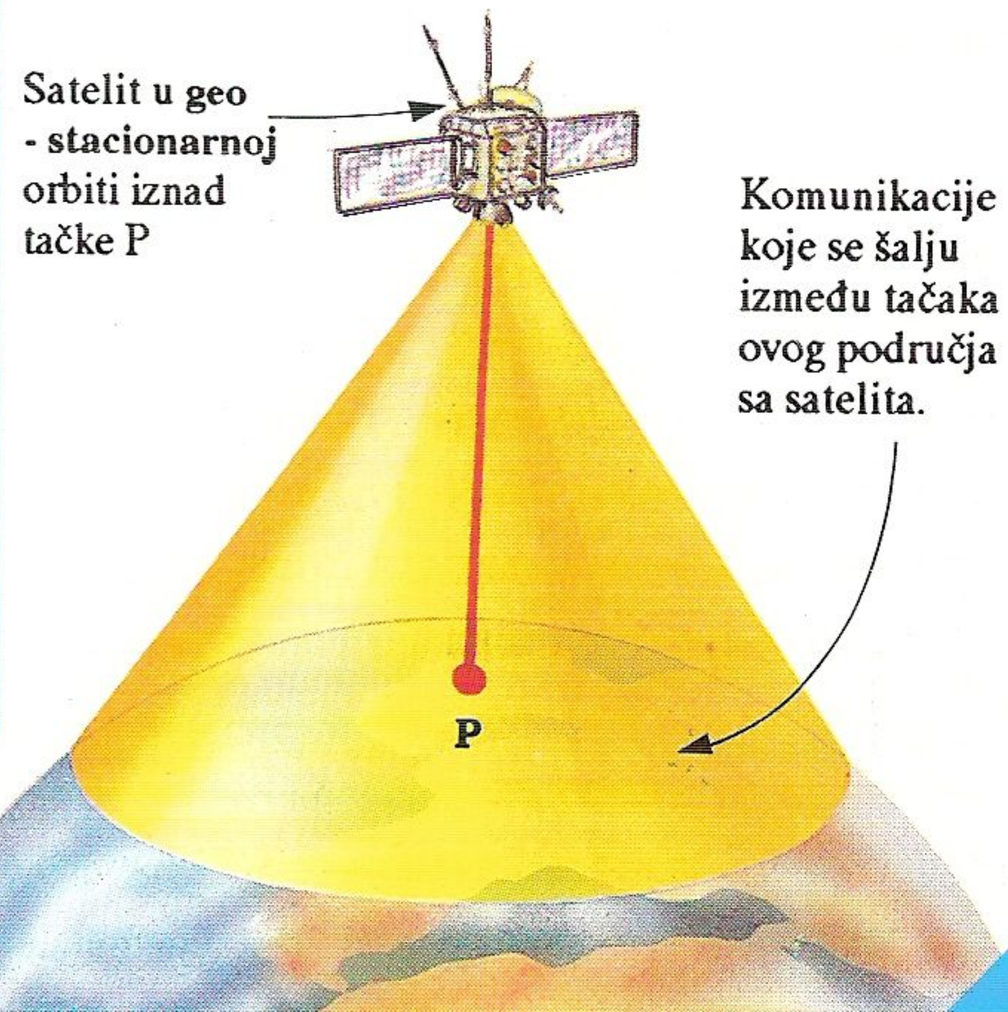
- **Realno besteżinsko stanje. Besteżinsko stanje** tijela koje je u zoni bez gravitacije.



Astronaut **slobodno pada na isti način kao i svemirski brod, i zato je u prividnom besteżinskom stanju** unutar svemirskog broda.

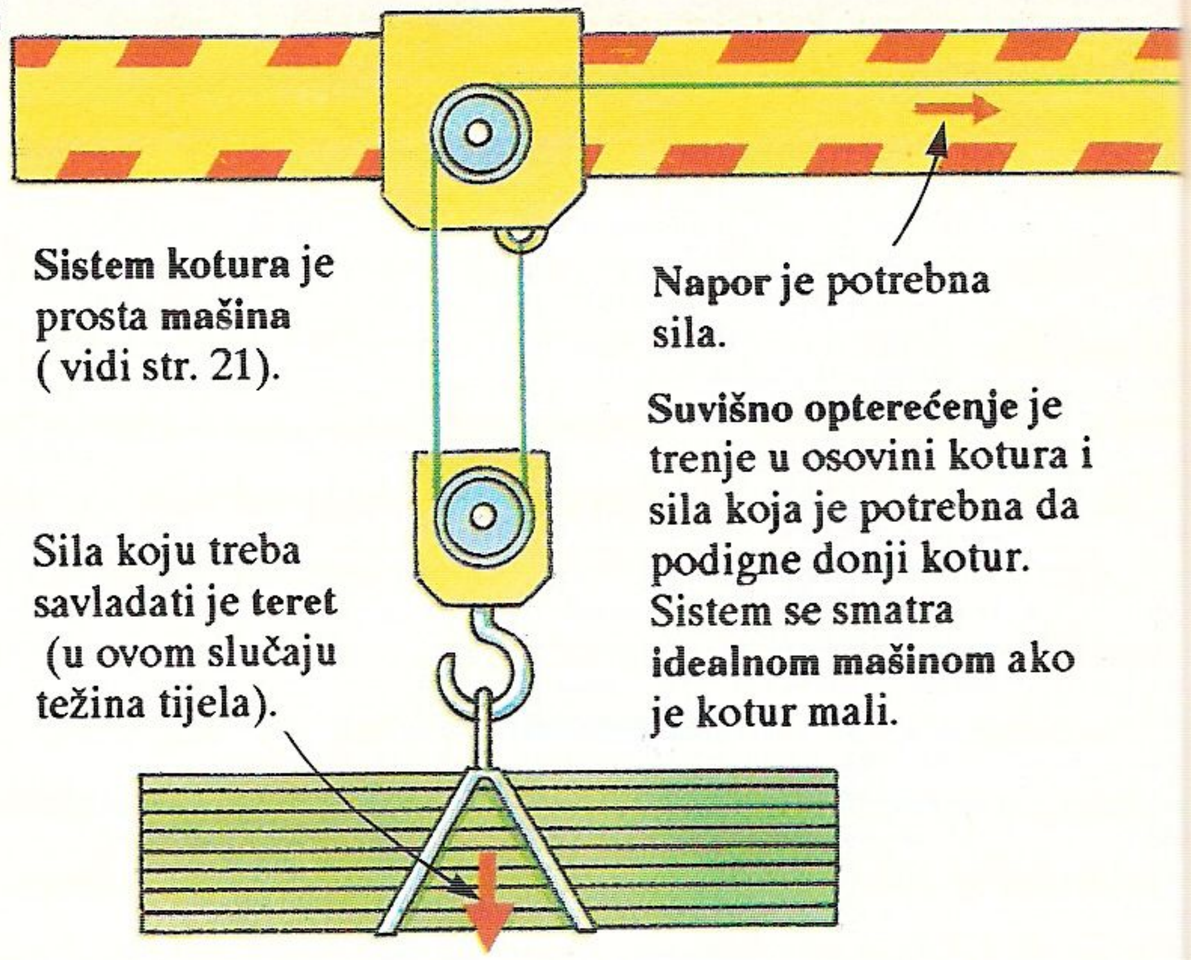
- **Prividno besteżinsko stanje.** Stanje nekog tijela u kojem kao da ne djeluju gravitacione sile. Ono nastaje ako se dva tijela **ubrzavaju*** nazavisno na isti način.

- **Geo - stanica ili orbitalni parking.** Putanja satelita koji kruži oko Zemlje u pravcu njene rotacije, tako da sve vrijeme ostaje iznad istog mjesta na Zemlji. Kaže se da satelit ima **period*** od 24 sata.



Proste mašine (mehanizmi)

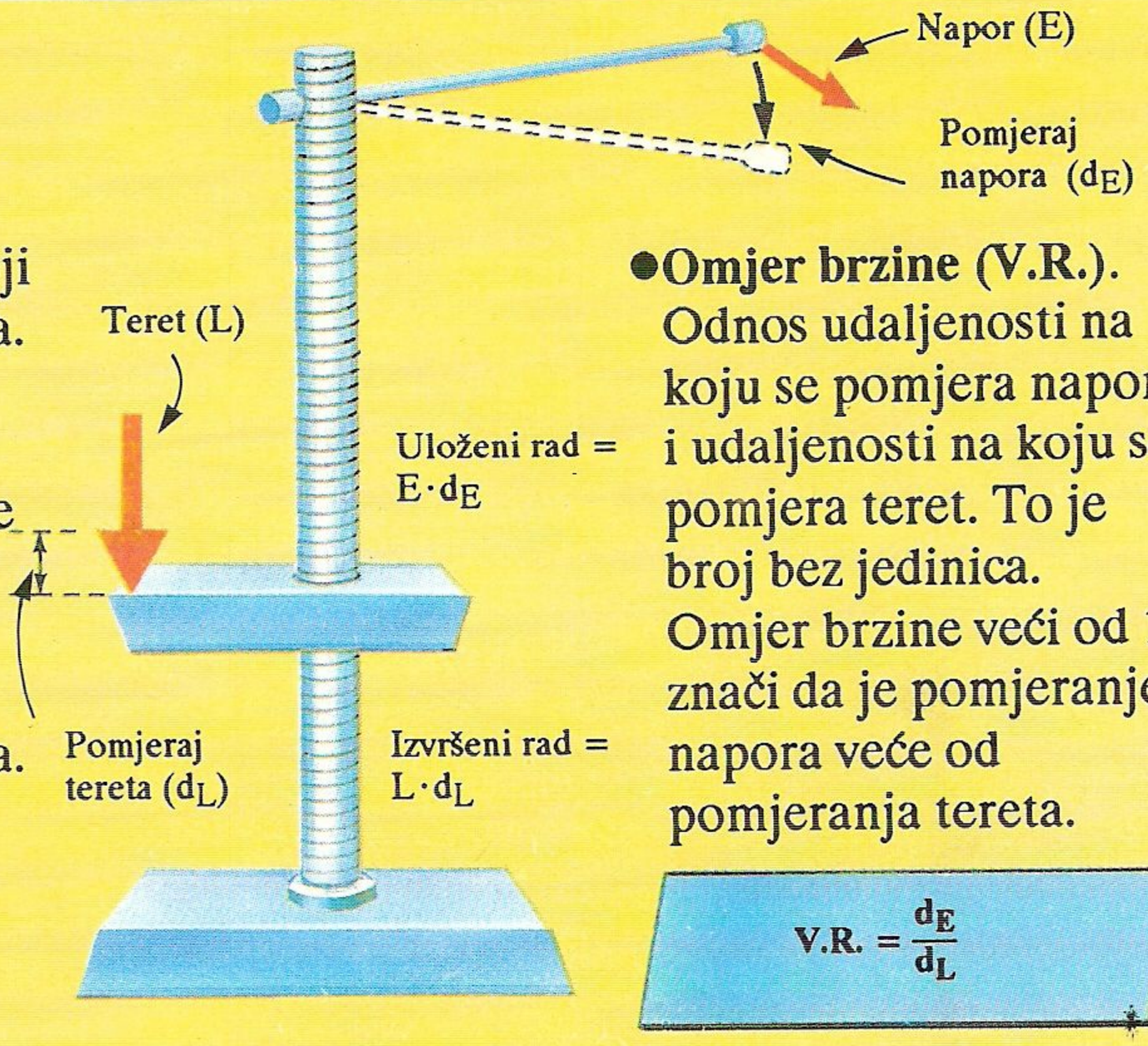
Prosta mašina je sprava koja se upotrebljava za savladivanje sile koja se zove **teret**. Ova sila djeluje u jednoj tački. Mašina radi na principu djelovanja druge sile koja se zove **napor (aktivna sila)** u nekoj drugoj tački. Npr. mali napor koji djeluje na konopac **kotura** savlađuje težinu tijela koje taj kotur podiže.



- **Idealna mašina.** Teoretski, to je mašina čije je **suvišno opterećenje** nula. Mašine kod kojih je suvišno opterećenje zanemarljivo mogu se smatrati idealnim.

- **Suvišno opterećenje.** Sila koja je potrebna da se savladaju **sile trenja*** između pokretnih dijelova mašine i da se podigne bilo koji od njenih pokretnih dijelova.

- **Mehanička prednost - koeficijent prenosa (M.A.).** Teret podijeljen sa naporom. Ako je mehanička prednost veća od 1, znači da je teret koji treba savladati veći od napora. Mehanička prednost **idealne mašine** je uvijek ista, a mehanička prednost bilo koje druge realne mašine blago raste sa opterećenjem, jer **suvišno opterećenje** postaje zanemarljivo porastom tereta.



- **Omjer brzine (V.R.).** Odnos udaljenosti na koju se pomjera napor i udaljenosti na koju se pomjera teret. To je broj bez jedinica. Omjer brzine veći od 1 znači da je pomjeranje napora veće od pomjeranja tereta.

$$M.A. = \frac{L}{E}$$

$$V.R. = \frac{d_E}{d_L}$$

- **Efikasnost - učinak (η). Rad** (sila · udaljenost-vidi str.8) na savladavanju tereta (izvršeni rad) podijeljen sa radom koji vrši napor (uloženi rad) izražen u procentima. Sve realne mašine imaju efikasnost manju od 100% zbog **suvišnog opterećenja**. Efikasnost **idealne mašine** je 100%.

$$\eta = \frac{\text{izvršeni rad}}{\text{uloženi rad}} \cdot 100 = \frac{L \cdot d_L}{E \cdot d_E} \cdot 100 = M.A. \cdot \frac{1}{V.R.} \cdot 100 = \frac{M.A.}{V.R.} \cdot 100$$

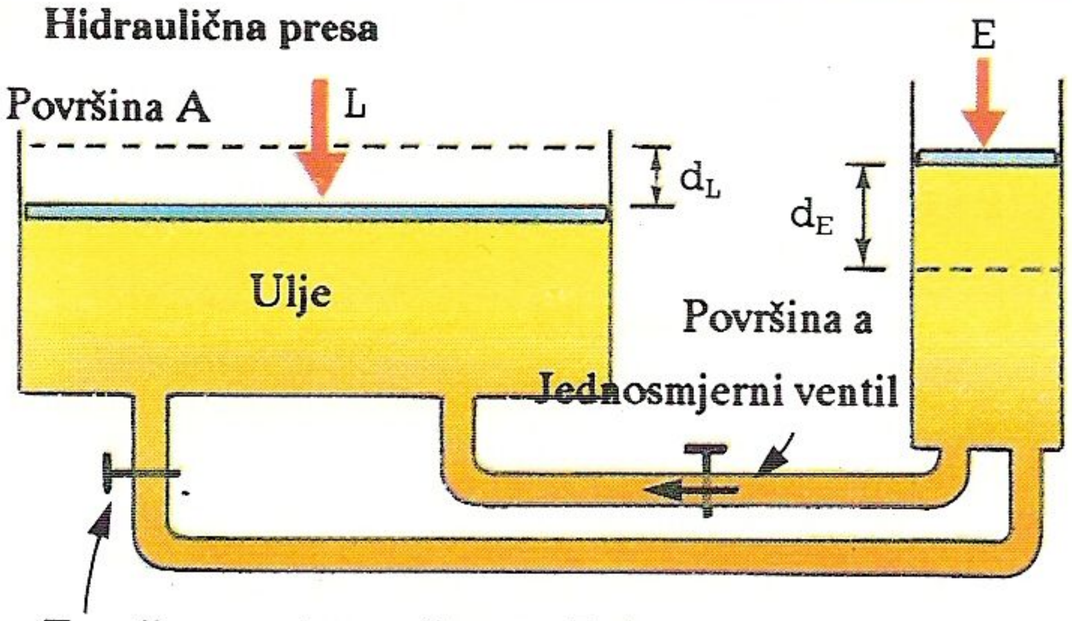
Kod idealne mašine (100% efikasnost):

$$M.A. = V.R.$$

* **Sila trenja**, 7.

Primjeri mehanizama

Hidraulična presa

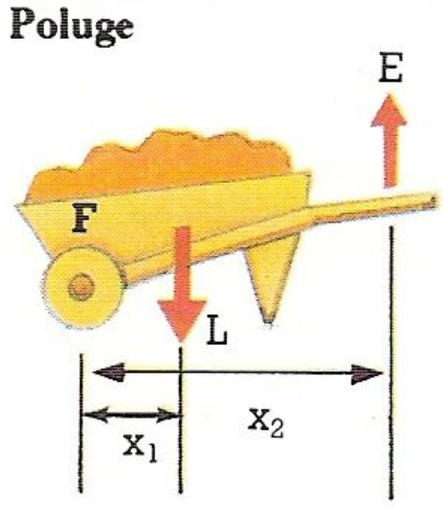


Za vrijeme rada ventil zatvoren-otvara se da se snizi pritisak

Pokrenuta zapremina tečnosti = $a \cdot d_E = A \cdot d_L$
tako je V.R. $(d_E/d_L) = A/a$

- **Hidraulična presa.** Veliki i mali cilindar spojeni su s cijevi i napunjeni fluidom. Koristi se da proizvede velike sile.

Poluge

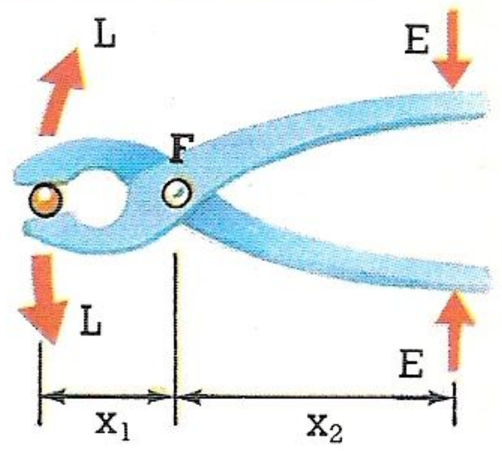


Pri ravnoteži *:

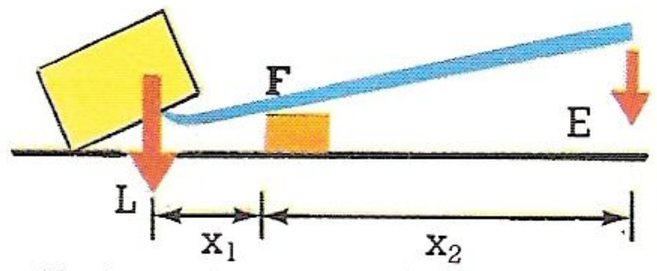
$L \cdot x_1 = E \cdot x_2$

$$M.A. = \frac{L}{E} = \frac{x_2}{x_1}$$

Odatle $V.R. = \frac{x_2}{x_1}$



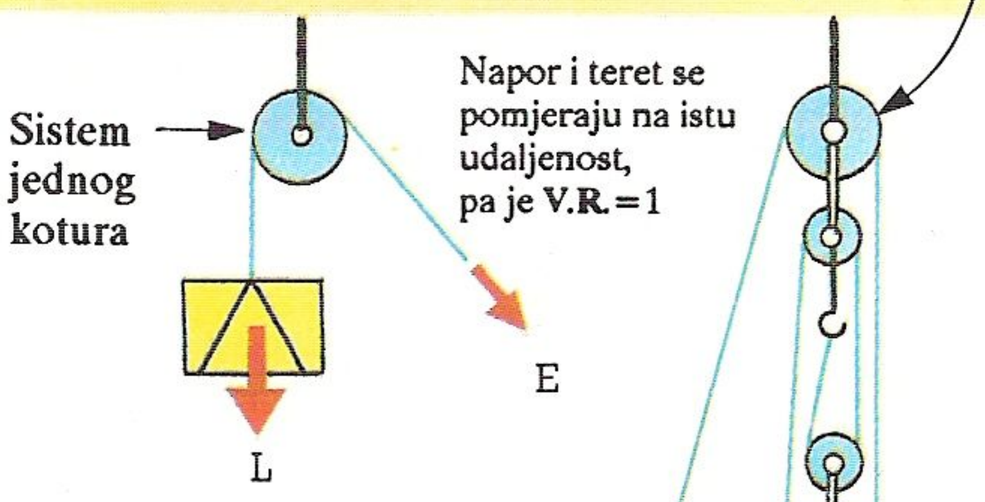
Omjer brzine se izračunava preko momenata sile * uzimajući u obzir M.A. = V.R. (vidi efikasnost).



- **Poluga.** Čvrsto tijelo obrtno oko ose koja se zove **oslonac** (F). Teret i napor mogu djelovati na obje ili na jednoj strani oslonca.

Sistemi kotura

Sistem više kotura (blok i pokretni koturi)



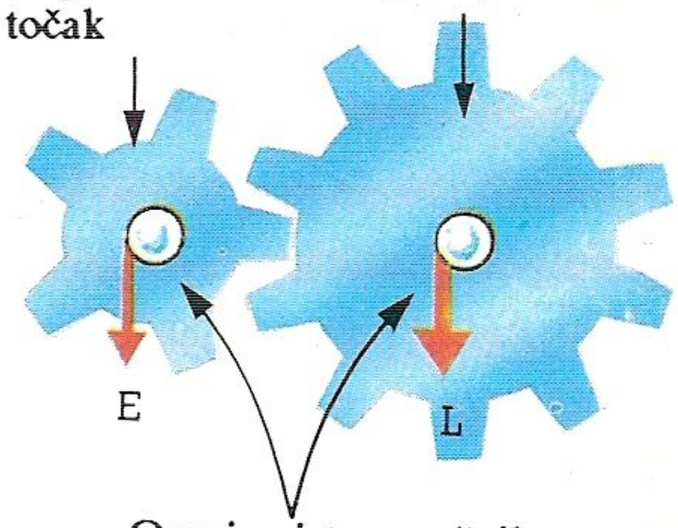
Četiri konopca se moraju skratiti da se podigne teret, te konopac mora biti potegnut četiri puta, tj. V.R. = 4 = broju konopaca koji podižu pokretne koture.

- **Sistem kotura.** Kotur (ili kombinacija kotura) i konopac, kaiš ili lanac koji prenose kretanje.

Zupčanik

Dupli broj zubaca na točku koji se pokreće znači da se pogonski točak mora okretati dva puta brže.

Tako je V.R. = broj zubaca na pogonskom točku

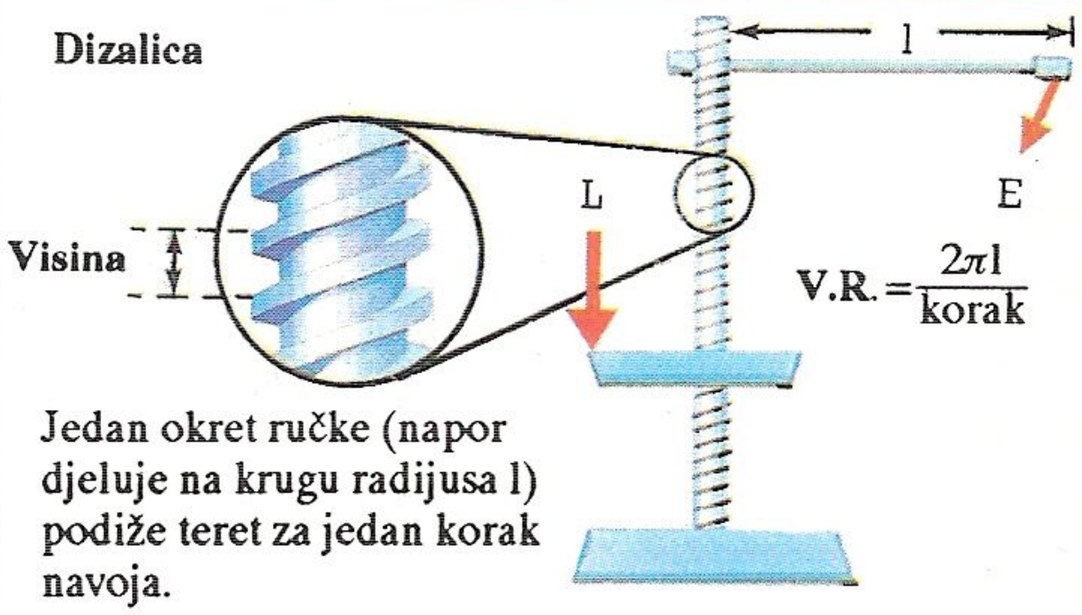


- **Zupčanik.** Kombinacija nazubljenih točkova koji se koriste za prenos kretanja između rotirajućih osovina.

Kosa ravan

- **Kosa ravan.** Ravna površina pod uglom u odnosu na horizontalu. Lakše je pokretati neki predmet uz kosu ravan nego vertikalno naviše.

Dizalica



Jedan okret ručke (napor djeluje na krugu radijusa l) podiže teret za jedan korak navoja.

- **Dizalica.** Sistem u kojem se spiralni navoji okreću da bi podigli teret. **Visina (hod-korak)** je udaljenost između pojedinih navoja spirale.

* **Ravnoteža, Moment sile, 14.**

Osobine molekula

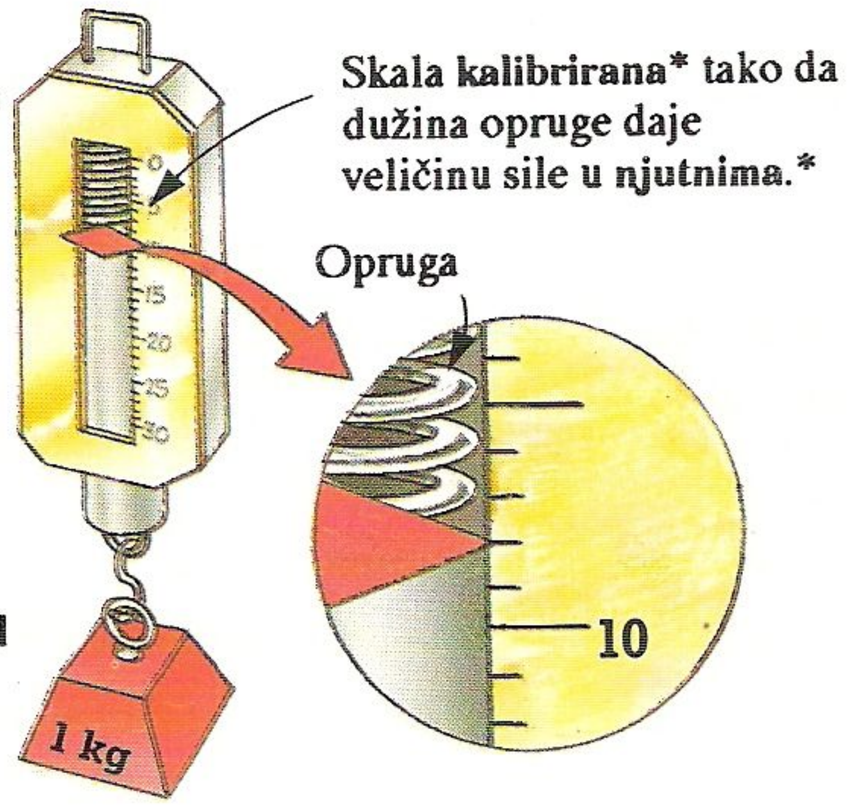
Postoji izvjestan broj osobina supstance koje se mogu objasniti ponašanjem molekula, naročito ponašanjem uslovljenim silama među njima (**međumolekularnim silama***). U ove osobine, koje su niže objašnjene, spadaju **elastičnost, površinski napon i viskoznost.** Vidi i str. 4-5, i 24-25.



● **Elastičnost.** Sposobnost materijala da se vrati u svoj prvobitni oblik i poprimi prvobitnu veličinu nakon prestanka djelovanja sila koje ga deformišu (npr. **sile istezanja** ili **sile sabijanja** *). Materijali koji imaju ovu osobinu su **elastični**, a oni koji je nemaju su **plastični.** Elastičnost je rezultat **međumolekularnih sila***. Ako se tijelo isteže ili sabija, njegove molekule se razmiču, odnosno primiču. Rezultat toga je pojava sila privlačenja (u prvom slučaju) ili sila odbijanja (u drugom), pa se molekule vraćaju na ravnotežna rastojanja, kada sila prestane djelovati. To se dešava dok je vrijednost sile ispod određene granice (različita je za svaki materijal).

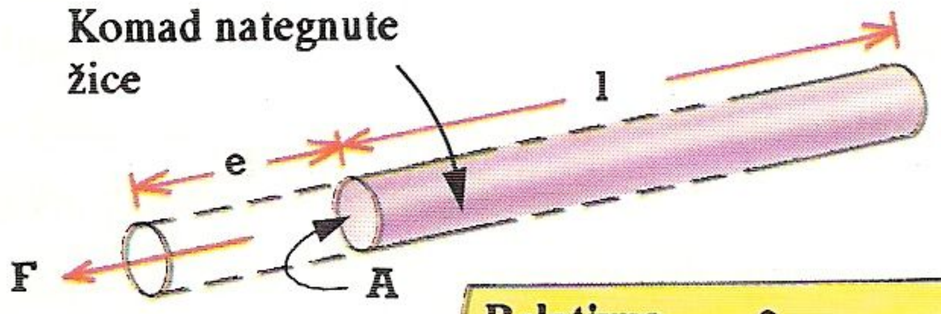
Svi elastični materijali na kraju postanu plastični ako se pređe ta granica (vidi **granica elastičnosti** i **granica razvlačenja**).

● **Hukov zakon.** Kada na tijelo djeluje sila koja ga deformiše, **deformacija** je proporcionalna elastičnom **naponu** (vidi niže). Međutim, porastom sile doseže se **granica proporcionalnosti** (ili **proporcionalna granica**) i nakon toga Hukov (R. Hook) zakon više ne važi (vidi grafikon str. 23).



▶ **Kod vage sa oprugom** imamo primjenu **Hukovog zakona** pri mjerenju sile. Opruga se isteže proporcionalno djejstvu sile.

Omjer napona i relativne deformacije * (vidi dolje lijevo) je uvijek isti za dati materijal (**Jangov modul** - vidi str. 114), sve dok se ne dostigne **granica proporcionalnosti.**



Relativna deformacija je promjena dužine računata na jedinicu početne dužine.

$$\text{Relativna deformacija} = \frac{e}{l}$$

e=promjena dužine, l=početna dužina.

$$\text{Elastični napon} = \frac{F}{A}$$

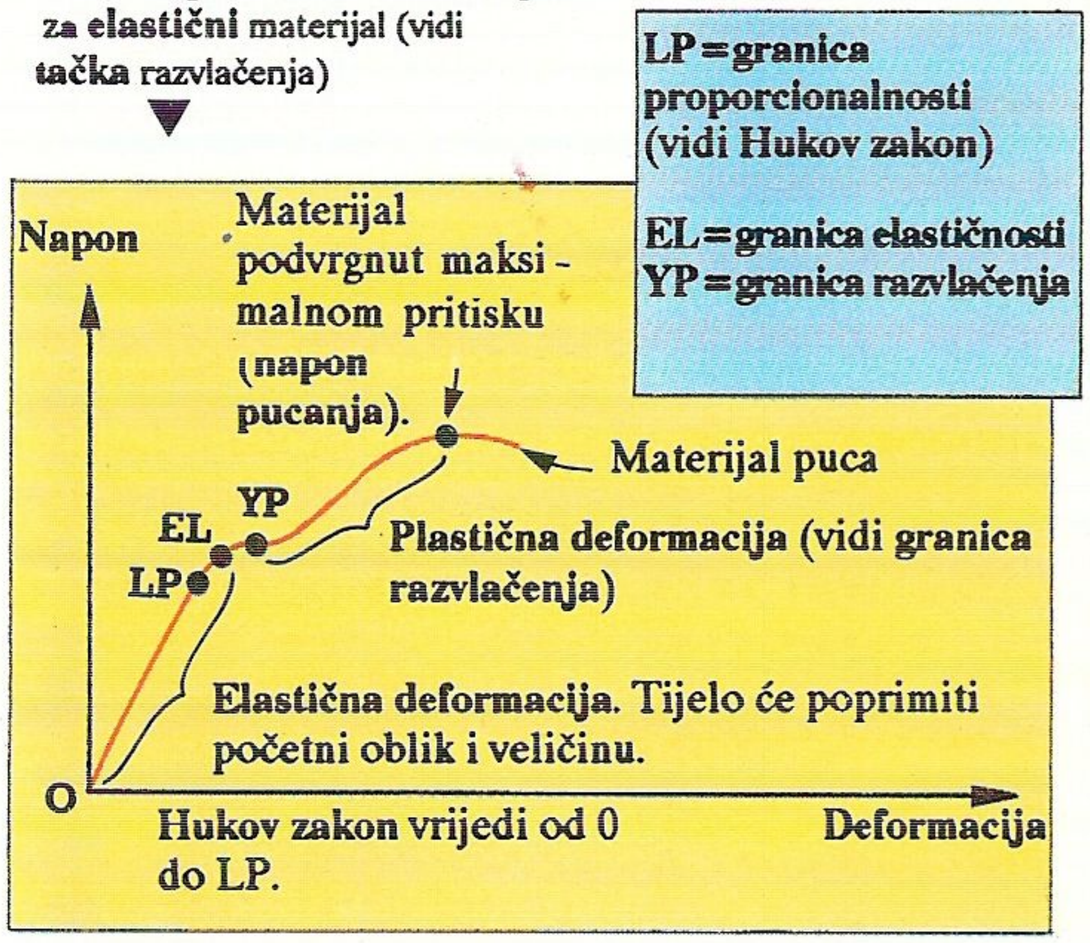
F=primijenjena sila, A= površina poprečnog presjeka

Pritisak (napon) je sila na jedinicu površine.

● **Granica elastičnosti.** Tačka odmah iza **granice proporcionalnosti** (vidi **Hukov zakon**), nakon koje tijelo prestaje biti **elastično**, tj. ne poprima svoj prvobitni oblik i veličinu nakon prestanka djejstva sile. Ako sila i dalje djeluje, tijelo nakon prestanka njenog djelovanja poprima sličan oblik i veličinu, ali trpi permanentnu deformaciju. **Pritisak** koji odgovara **grąnici razvlačenja materijala**, jednak je **pritisku na** njenoj **granici elastičnosti.** Vidi grafikon na str. 23.

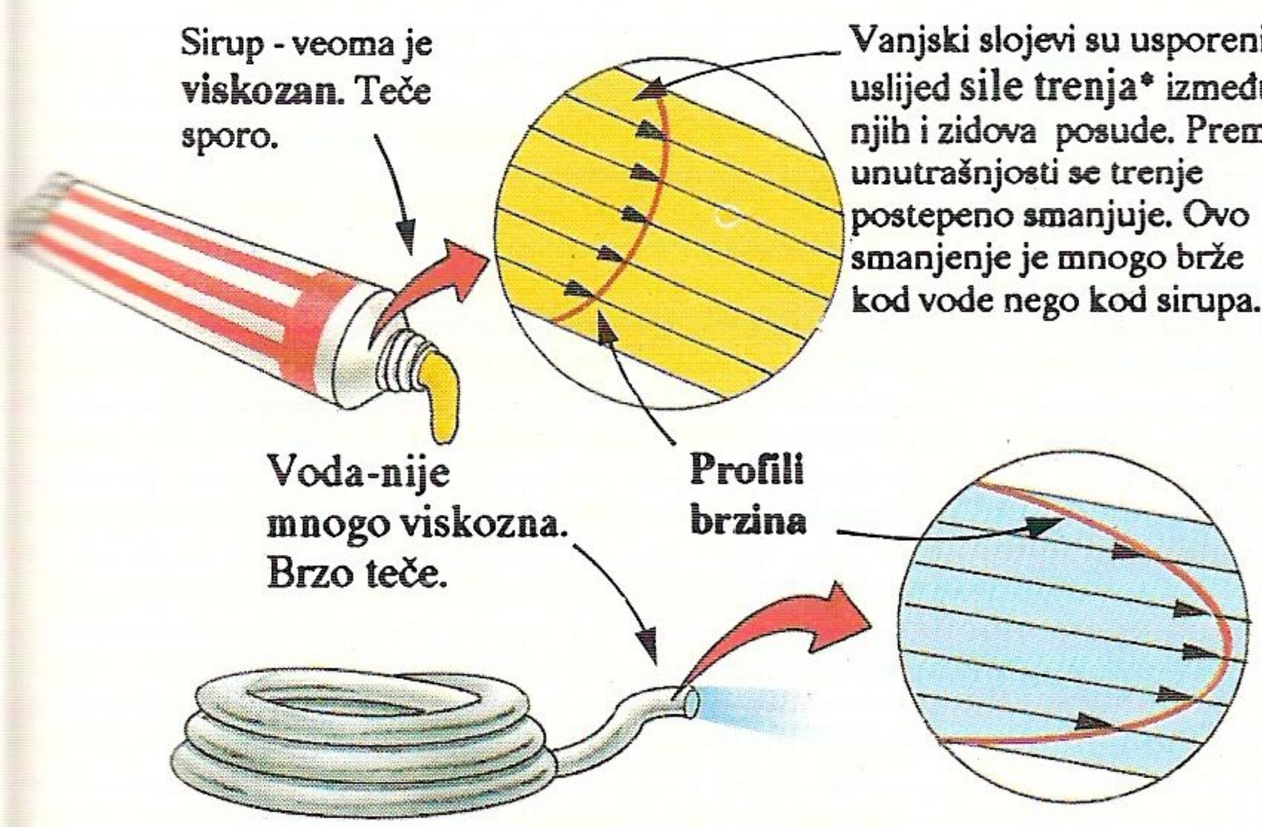
* **Kalibracija**, 115; **Sila sabijanja, Međumolekularna sila**, 7; **Njutn**, 6; **Sila istezanja**, 7.

● **Granica razvlačenja.** Tačka koja se nalazi iza **granice elastičnosti**, u kojoj sila deformisanja prouzrokuje znatnu promjenu materijala. Kod **elastičnog** materijala struktura se mijenja-veze među molekularnim slojevima pucaju i slojevi se postavljaju jedan preko drugog.

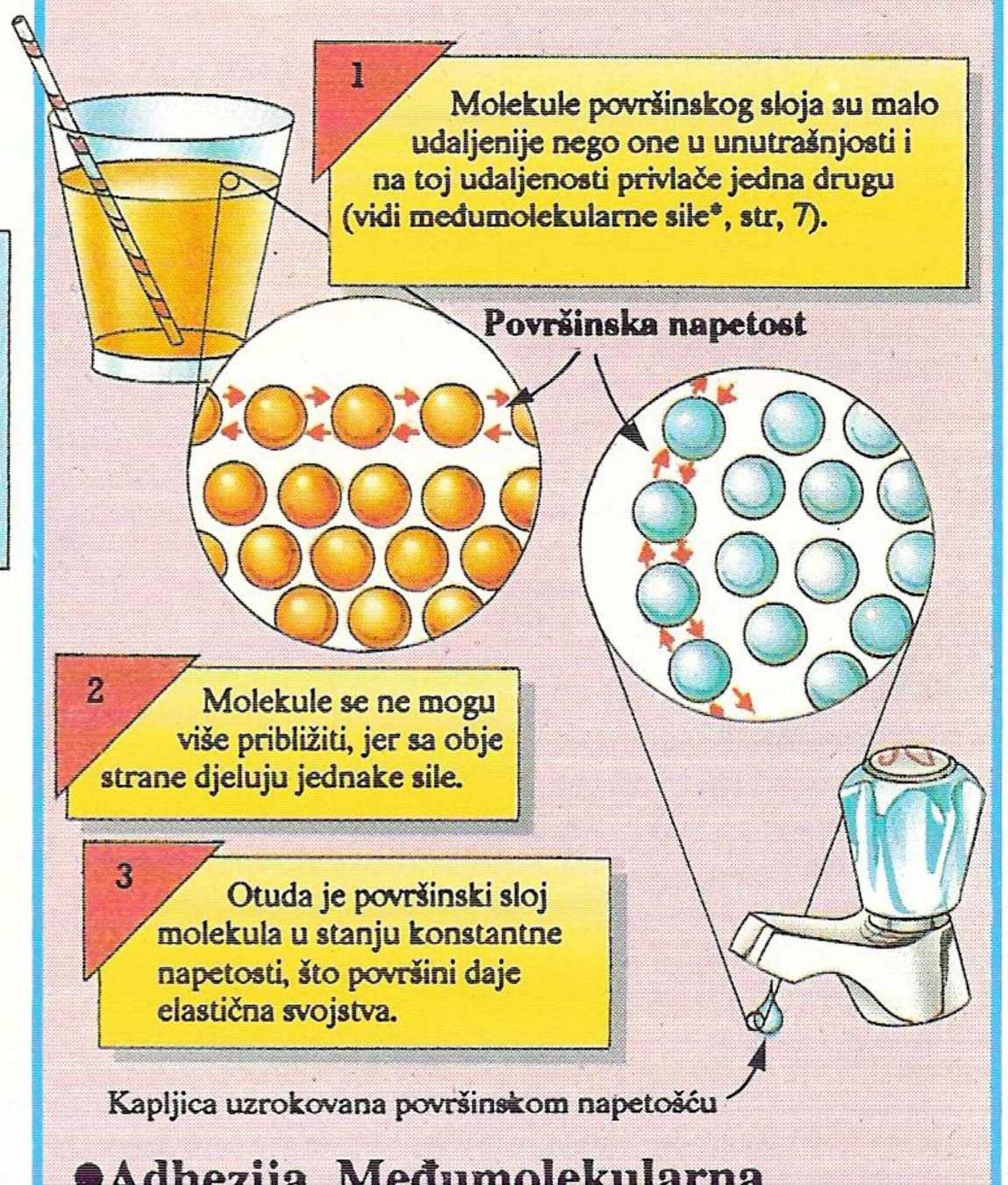


Ova promjena naziva se **plastična deformacija** (materijal postaje **plastičan**). Ona se nastavlja kako se sila povećava, i konačno materijal puca. Ako je materijal **krt**, pući će već na **granici razvlačenja.** Vrijednost **napona** na granici razvlačenja je **vrijednost razvlačenja.**

● **Viskozitet.** Tečnosti su fluidne, lako teku. Viskozitet tečnosti zavisi od **sile trenja*** između pojedinih slojeva molekula pri slojevitom toku tečnosti.



● **Površinska napetost.** Površina tečnosti djeluje kao zategnuta opna. Uslijed **međumolekularnih sila*** površina tečnosti teži da se smanji.



● **Adhezija. Međumolekularna privlačna sila*** između molekula različitih supstanci.

Kapilarno djejstvo ili **kapilarnost** je rezultat **adhezije** ili **kohezije.**



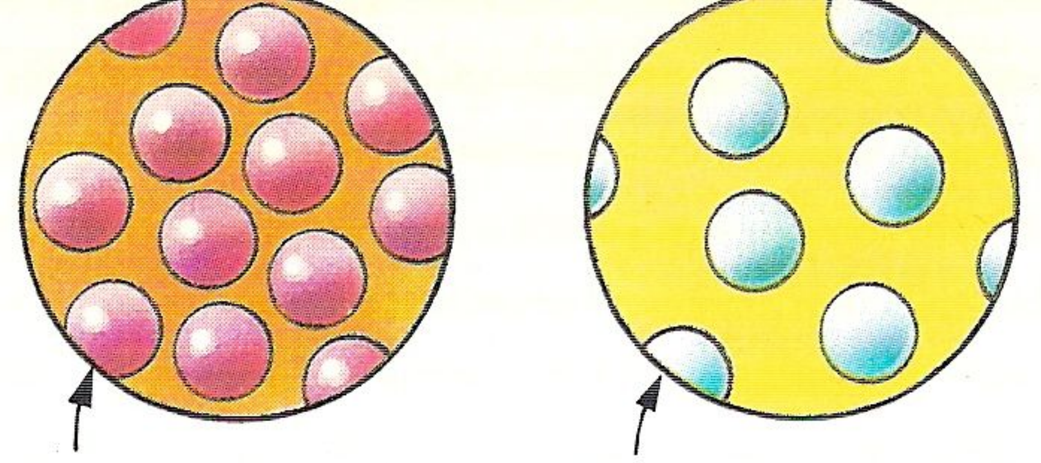
● **Kohezija. Međumolekularna privlačna sila*** među molekulama iste supstance.



*** Sila trenja, Međumolekularna sila, 7; Menisk, 115.**

Gustoća

Gustoća (ρ) zavisi od mase i od zapremine tijela (vidi formulu, desno). Npr. ako je neka supstanca gušća od druge, onda iste zapremine supstanci imaju različite mase (masa prve je veća od druge). Slično tome, iste mase imaju različitu zapreminu.



Tijelo A. Teške molekule, čvrsto zbijene. Gustoća je veća.

Tijelo B. Lake molekule, znatno udaljene. Gustoća je manja.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

gdje je ρ = gustoća, m = masa, V = zapremina

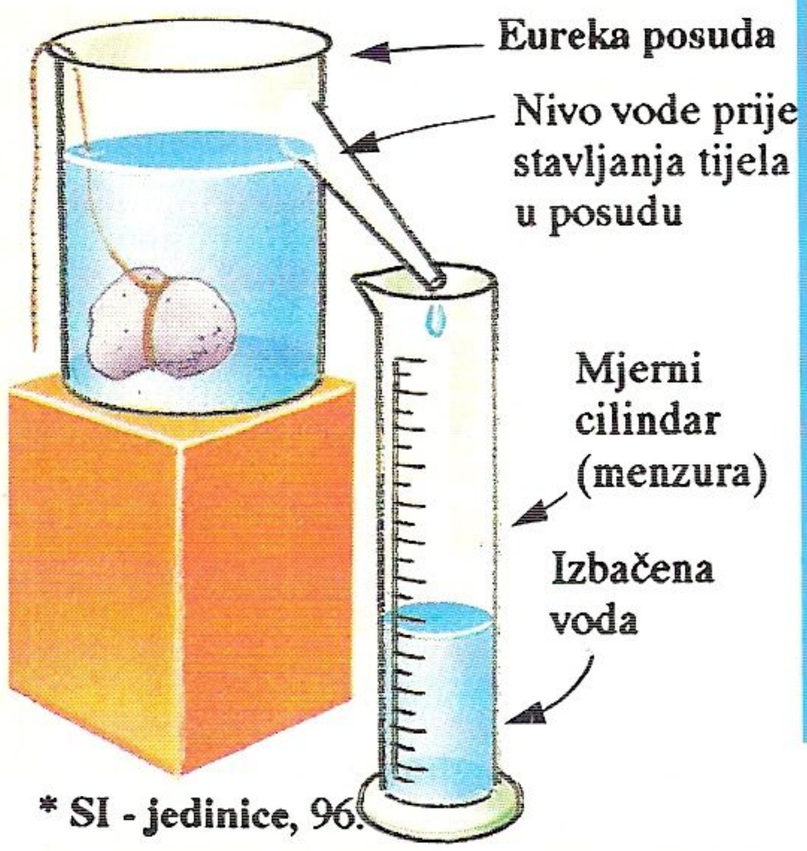
Odakle $m = \rho \cdot V$

V je ista za tijela A i B, pa tijelo A ima veću masu.

SI - jedinica* gustoće je kgm^{-3}.

- **Relativna gustoća.** Gustoća supstance u odnosu na gustoću vode (a ona je 1 000 kgm^{-3}). Pokazuje koliko je puta supstanca gušća ili rjeđa od vode, te nisu potrebne nikakve jedinice, npr. 1,5 (znači, 1,5 puta gušća). Određuje se dijeljenjem mase bilo koje zapremine masom vode iste zapremine.

- **Eureka posuda (posuda sa prelivom).** Posuda za mjerenje zapremine čvrstog tijela nepravilnog oblika. Zapremina vode koja iz posude isteče je jednaka zapremini uronjenog tijela. Gustoća tijela je masa tijela podijeljena njegovom zapreminom.



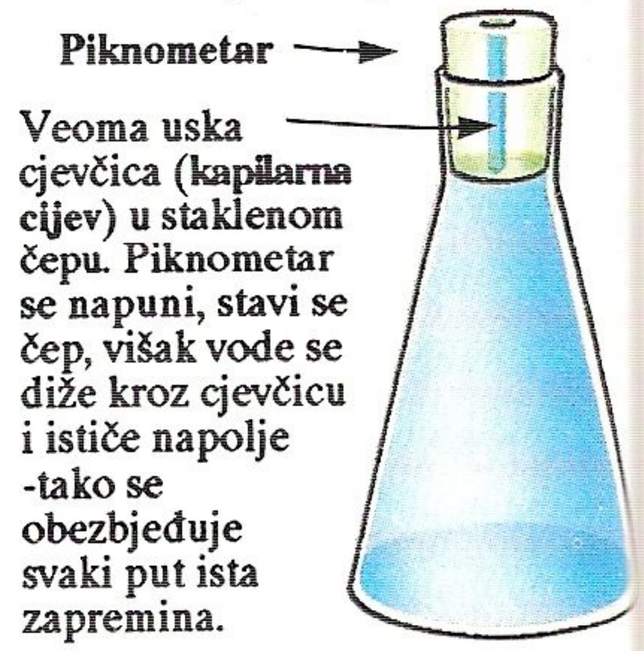
Eureka posuda

Nivo vode prije stavljanja tijela u posudu

Mjerni cilindar (menzura)

Izbačena voda

- **Boca za određivanje gustoće (piknometar).** Napunjen piknometar sadrži tačno izmjerenu količinu tečnosti (pri konstantnoj temperaturi). Upotrebljava se za mjerenje gustoće tečnosti (mjerenjem mase boce i tečnosti, oduzimanjem mase boce i dijeljenjem zapreminom tečnosti).



Piknometar

Veoma uska cjevčica (kapilarna cijev) u staklenom čepu. Piknometar se napuni, stavi se čep, višak vode se diže kroz cjevčicu i ističe napolje -tako se obezbjeđuje svaki put ista zapremina.

Pritisak

Pritisak je sila kojom čvrsto tijelo, tečnost ili gas djeluje u pravcu normale na jedinicu površine supstance (čvrste, tečne, ili gasovite).

$$\text{Pritisak} = \frac{\text{sila}}{\text{površina}}$$

SI-jedinica* pritiska je Paskal (Pa)

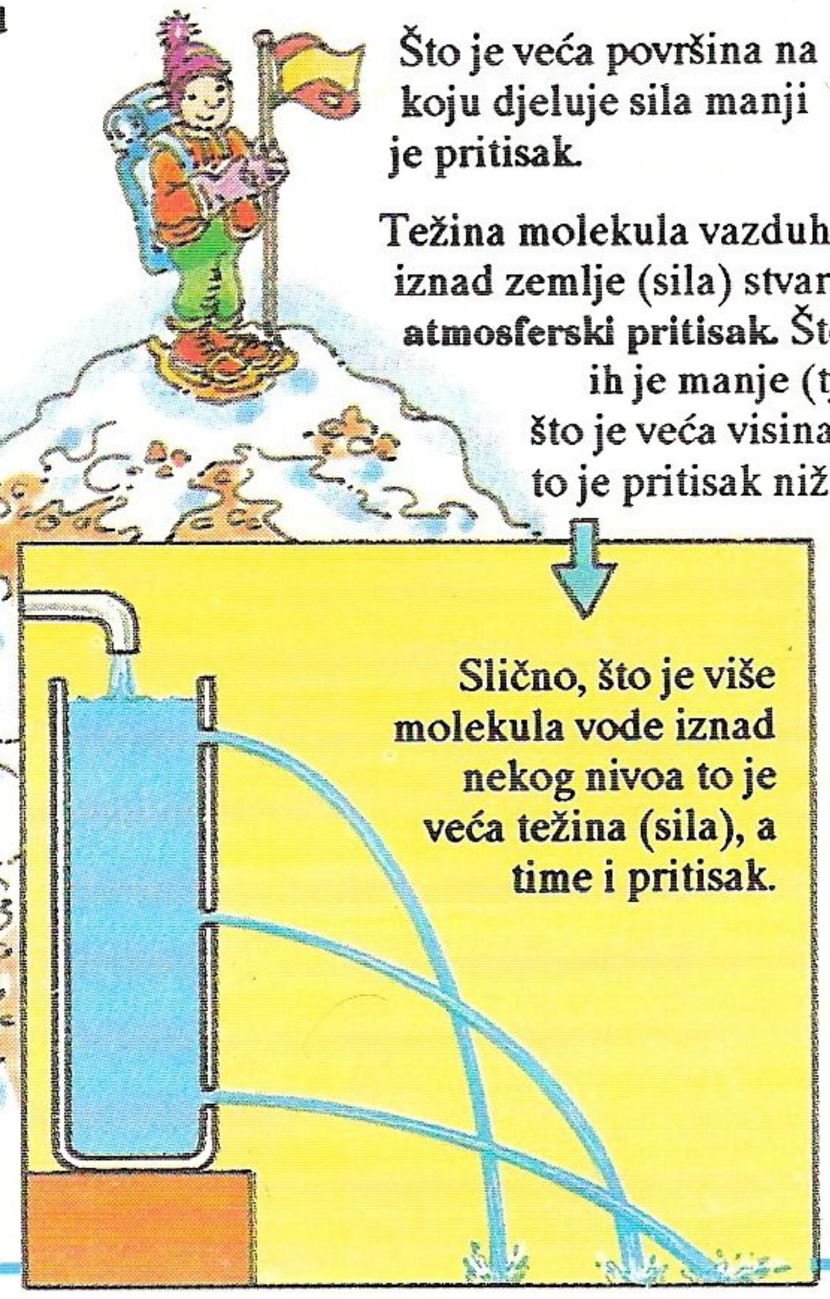
Što je veća površina na koju djeluje sila manji je pritisak.

Težina molekula vazduha iznad zemlje (sila) stvara **atmosferski pritisak.** Što ih je manje (tj. što je veća visina) to je pritisak niži.

Što je veća sila koja djeluje na određenoj površini to je veći pritisak.



Cipele za snijeg povećavaju površinu, težina (sila) je ista, otuda pritisak opada (noga ne propada u snijeg).



Slično, što je više molekula vode iznad nekog nivoa to je veća težina (sila), a time i pritisak.

Tijela u tečnosti

Na tijelo u tečnosti djeluje sila u pravcu naviše i zove se **potisak**. Prema **Arhimedovom zakonu**, potisak je jednak težini istisnute tečnosti. **Zakon flotacije (plivanja)** tvrdi da ako tijelo pliva, težina istisnute tečnosti (potisak) je jednaka njegovoj vlastitoj težini (plivanje ovdje znači bilo koji položaj u tečnosti). Može se pokazati (vidi dolje) da od gustoće zavisi da li tijelo pliva, da li se diže ili tone.

Podmornice su dokaz dvaju gore pomenutih zakona. Mijenjanjem mješavine vazduh/voda u rezervoaru za opterećenje mijenja se gustoća (gustoća tijela sastavljenog od više od jedne supstance jednaka je prosječnoj gustoći tih supstanci). Vidi dolje.

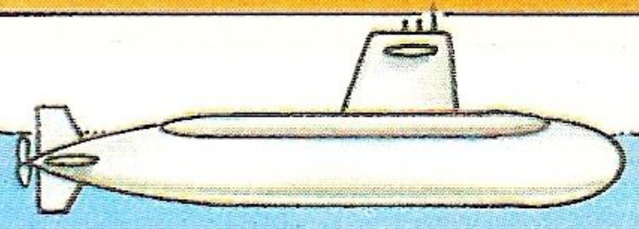
Arhimedov zakon

Potisak = težina istisnute tečnosti

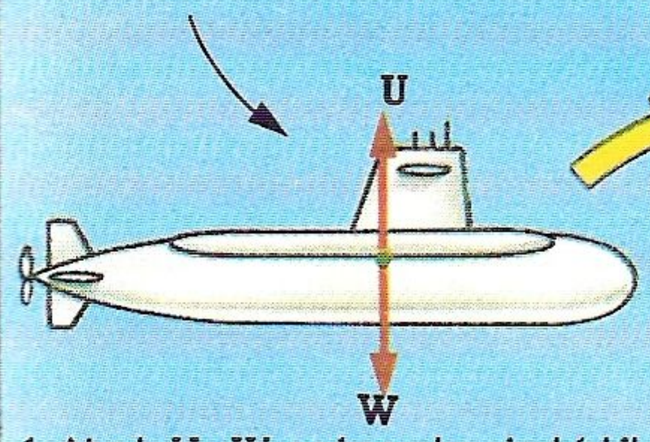
Zakon flotacije

Za tijelo koje pliva:
U = W
gdje je U = potisak, W = težina tijela

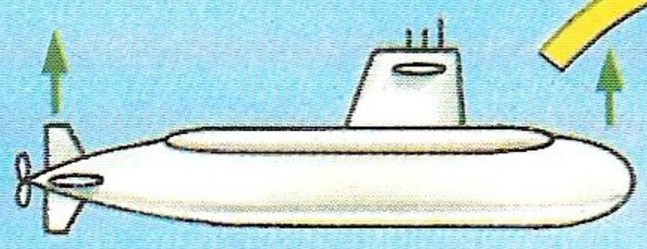
Težina = masa (m) · ubrzanje Zemljine teže (g)
Masa = gustina (ρ) · zapremina (V)
Tako je težina tijela ili istisnute tečnosti = V g ρ



Arhimedov zakon kaže da na podmornicu djeluju dvije sile-težina i **potisak**.



1. Ako je U = W, podmornica plovi (vidi zakon **flotacije**).



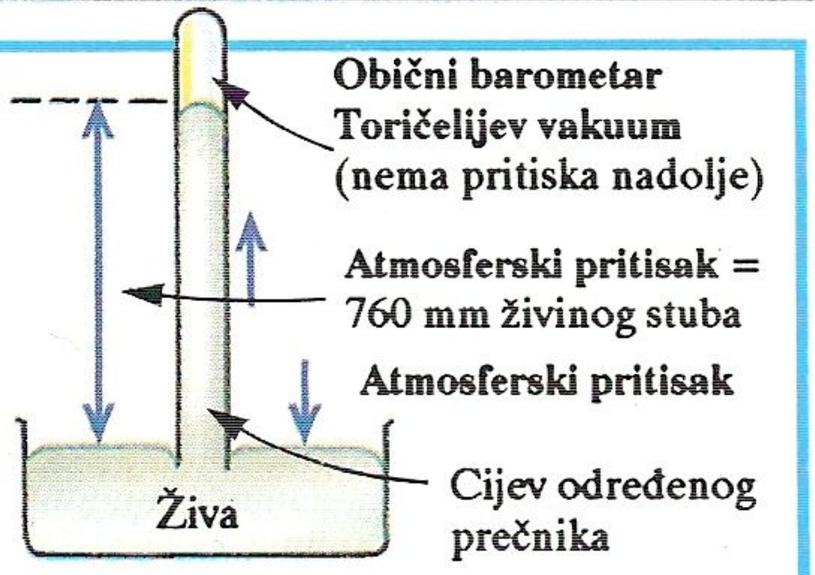
2. Ako je U > W, podmornica se diže.

Podmornica izbija na površinu i plovi. U = W, iako je gustoća još uvijek manja od gustine vode (vidi dolje), jer je sada zapremina istisnute vode manja.



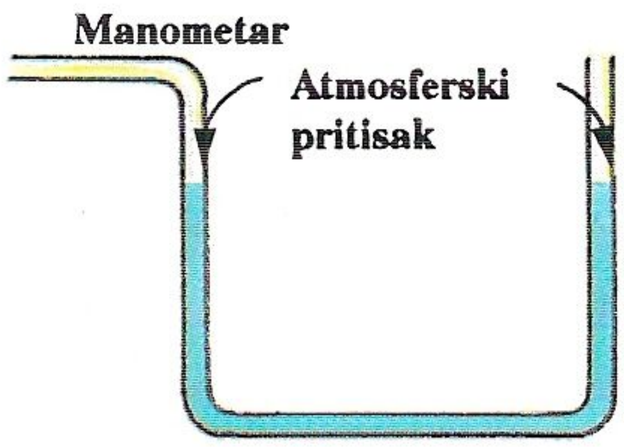
3. Ako je U < W podmornica tone.

I W i U = ρVg (vidi gore). V i g su isti za oboje, a i gustoća (ρ) vode je konstantna. Tako se slučajevi 1, 2 i 3 mogu ostvariti promjenom gustoće podmornice. U slučaju 1 gustoća je ista kao kod vode, u slučaju 2 je manja, u slučaju 3 je veća.

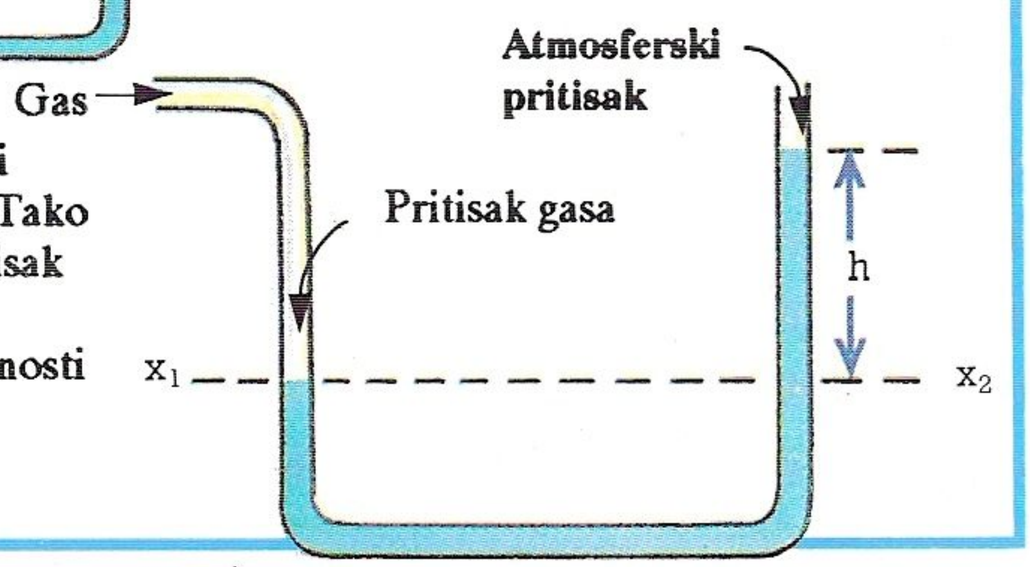


● **Barometar.** Instrument za mjerenje **atmosferskog pritiska** (vidi sliku lijevo). Postoji nekoliko vrsta.

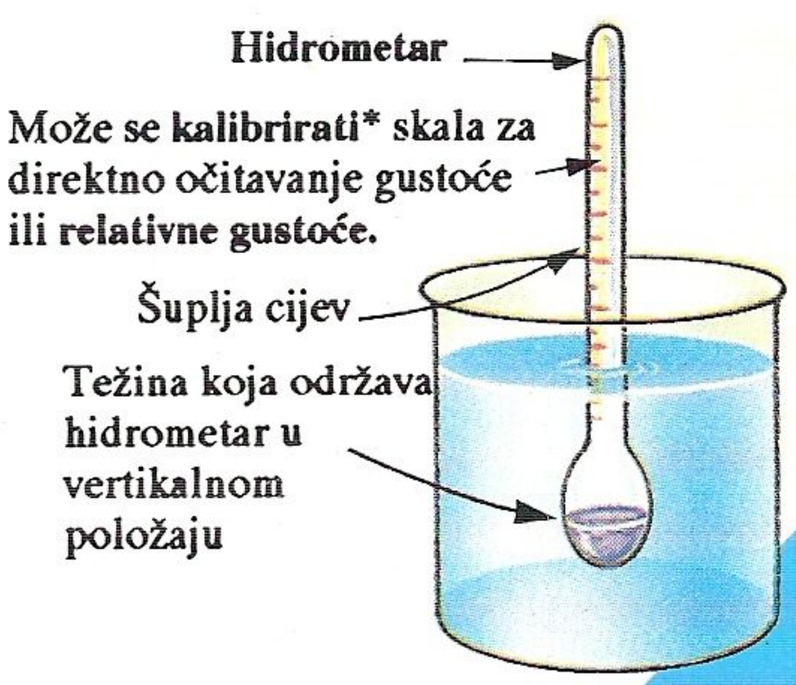
● **Hidrometar ili aerometar.** Instrument za mjerenje gustoće tečnosti određivanjem nivoa na kojem on u tečnosti pliva. Ako je tečnost veoma gusta, hidrometar pliva blizu površine, pošto je potrebno izbaciti samo malu zapreminu tečnosti da bude jednaka težini hidrometra.



● **Manometar.** Cijev u obliku slova U sa tečnošću. Upotrebljava se za mjerenje razlike pritisaka u tečnosti.



Pritisci kod x_1 i x_2 (isti nivo) moraju biti isti. Tako je pritisak gasa = pritisak kod x_2 = atmosferski pritisak + pritisak tečnosti visine h.



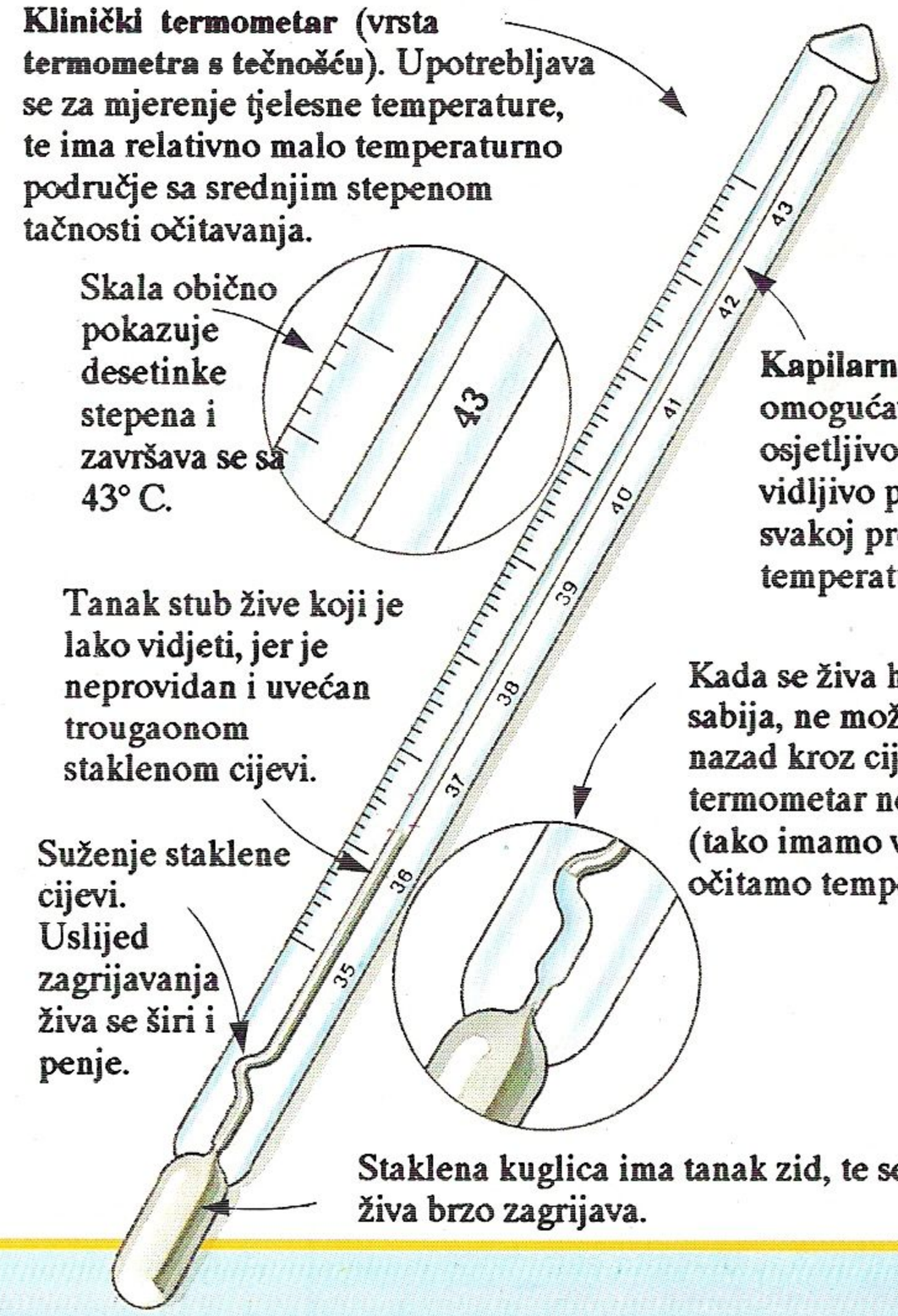
* Kalibriranje, 115.

Temperatura

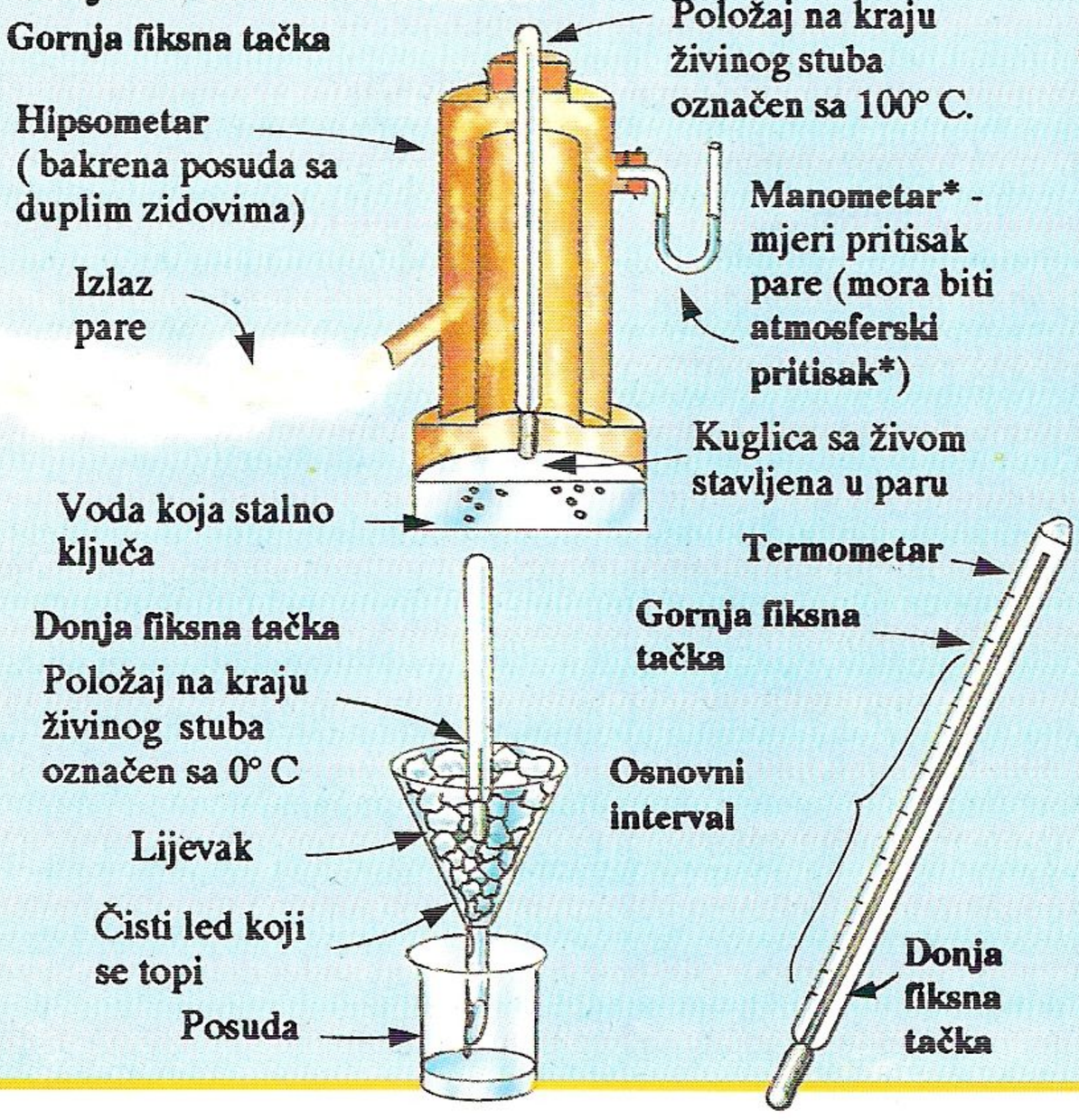
Temperatura nekog tijela je mjera stepena zagrijanosti tijela. Mjeri se pomoću termometara koji mogu biti **kalibrirani*** da pokažu izvjestan broj različitih temperaturnih skala. U svijetu su prihvaćene **apsolutna temperaturna skala** i **Celzijusova** (A. Celsius) **skala.**

- **Termometar.** Upotrebljava se za mjerenje temperature. Postoji ih više vrsta, a svi rade na principu mjerenja neke osobine koja se mijenja s temperaturom - **termometrijske osobine.** Npr. **termometri s tečnošću** mjere zapreminu tečnosti (oni su **kalibrirani*** tako da porast zapremine označava porast temperature).

- **Stakleni termometar s tečnošću.** Uobičajena vrsta **termometra** koji mjeri temperaturu širenjem neke tečnosti u staklenoj cjevčici (**kapilarna cijev**). U staklenoj kuglici se nalazi neka tečnost, obično živa ili obojeni alkohol. One reaguju na promjenu temperature - živa se koristi za više temperature, alkohol za niže.



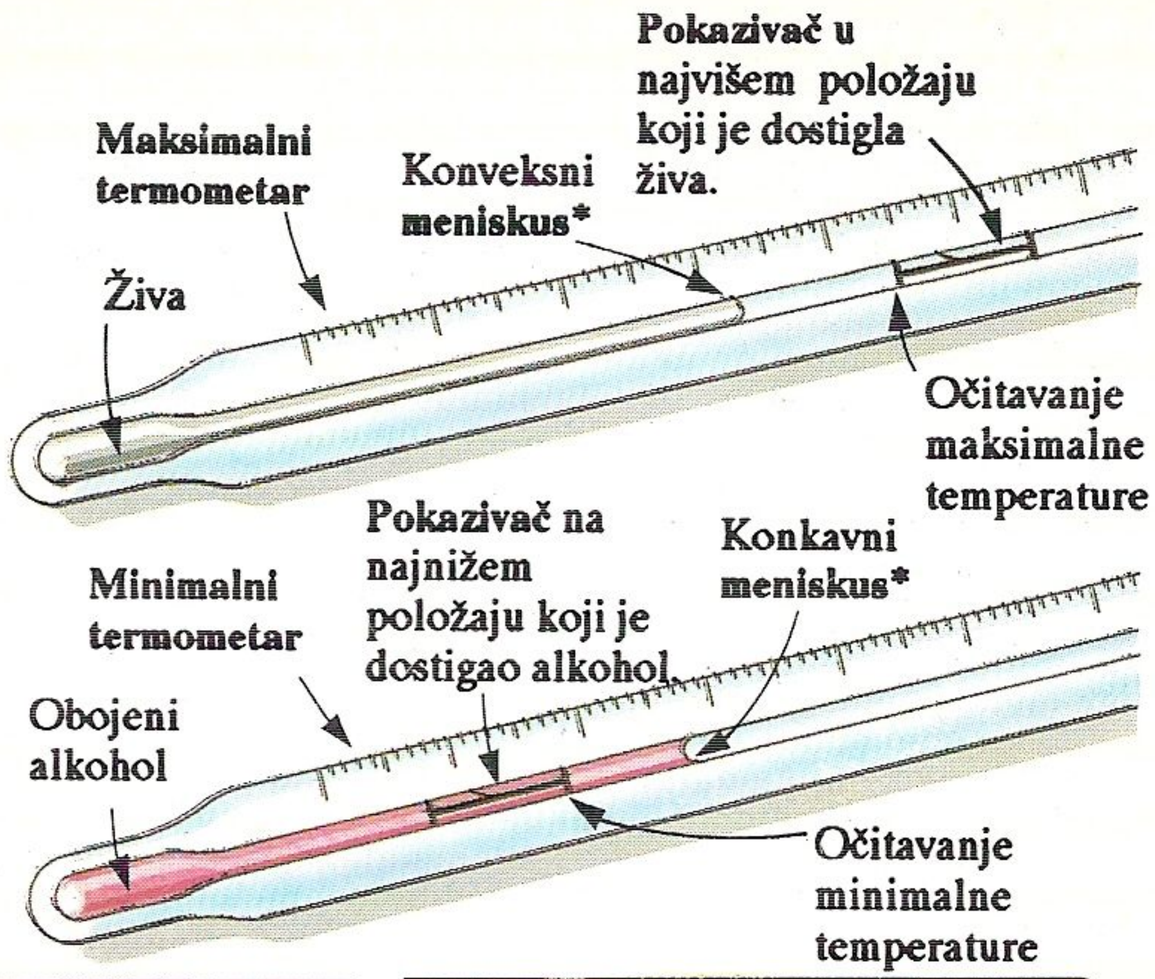
Korištenje fiksnih tačaka za kalibriranje* Celzijusove skale na termometru.



- **Fiksna tačka.** Temperatura pri kojoj se uvijek dešavaju izvjesne prepoznatljive promjene (pod datim uslovima). Pomoću njih se tako mogu odrediti vrijednosti na osnovu kojih se mjere sve druge temperature. Npr. **tačka mržnjenja** (temperatura žive pri kojoj se čisti led topi) i **tačka isparavanja (ključanja)** (temperatura pare iznad vode koja ključa pri **atmosferskom pritisku***). Dvije fiksne tačke se koriste da se **kalibrira*** termometar - **donja** i **gornja** fiksna tačka. Razmak između njih je **osnovni interval.**

* **Atmosferski pritisak**, 24; **Kalibracija**, 115; **Manometar**, 25.

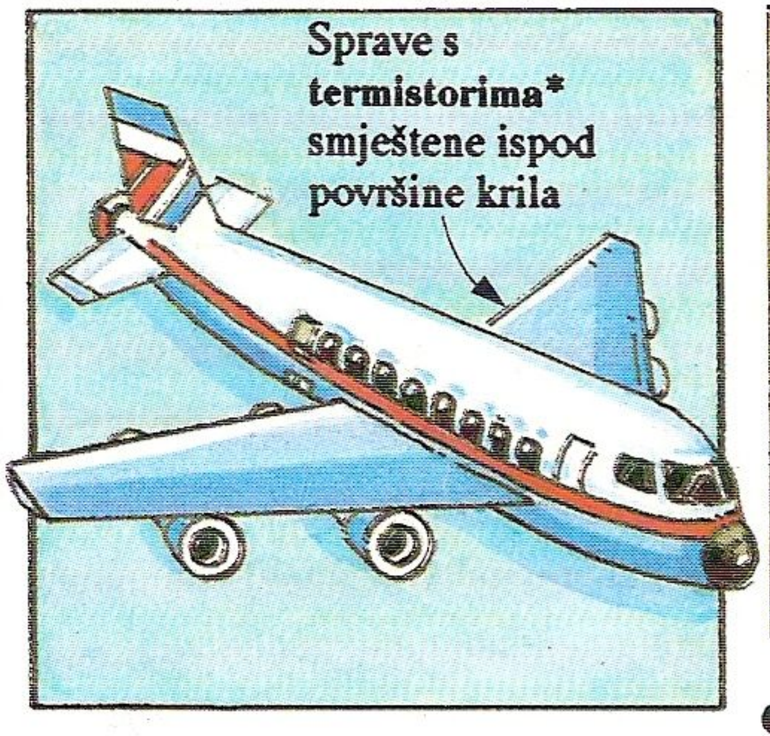
- **Maksimalni i minimalni termometri.** Specijalni **stakleni termometri s tečnošću** koji bilježe maksimalnu i minimalnu temperaturu u nekom vremenskom periodu. Imaju metalni i stakleni **pokazivač** (vidi sliku), koji **meniskus*** tečnosti pokreće gore, odnosno dolje. Pokazivač zauzima maksimalni ili minimalni položaj u koji je dospio u toku mjerenja. Vraća se iz tog položaja pomoću magneta.



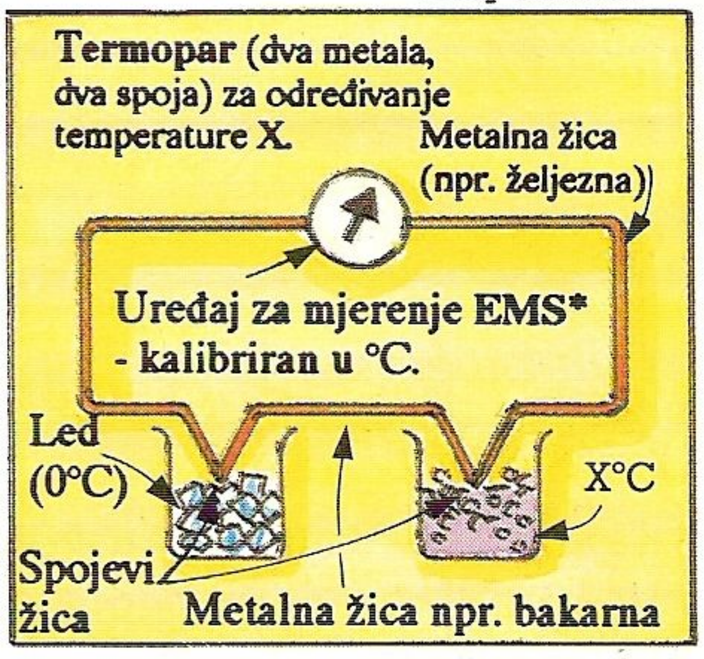
Druge vrste termometara



- **Otporni termometar.** Mjeri temperaturu na osnovu promjene **otpora*** žice.



- Slične sprave npr. ispod krila aviona koriste promjenu otpora **termistora***.

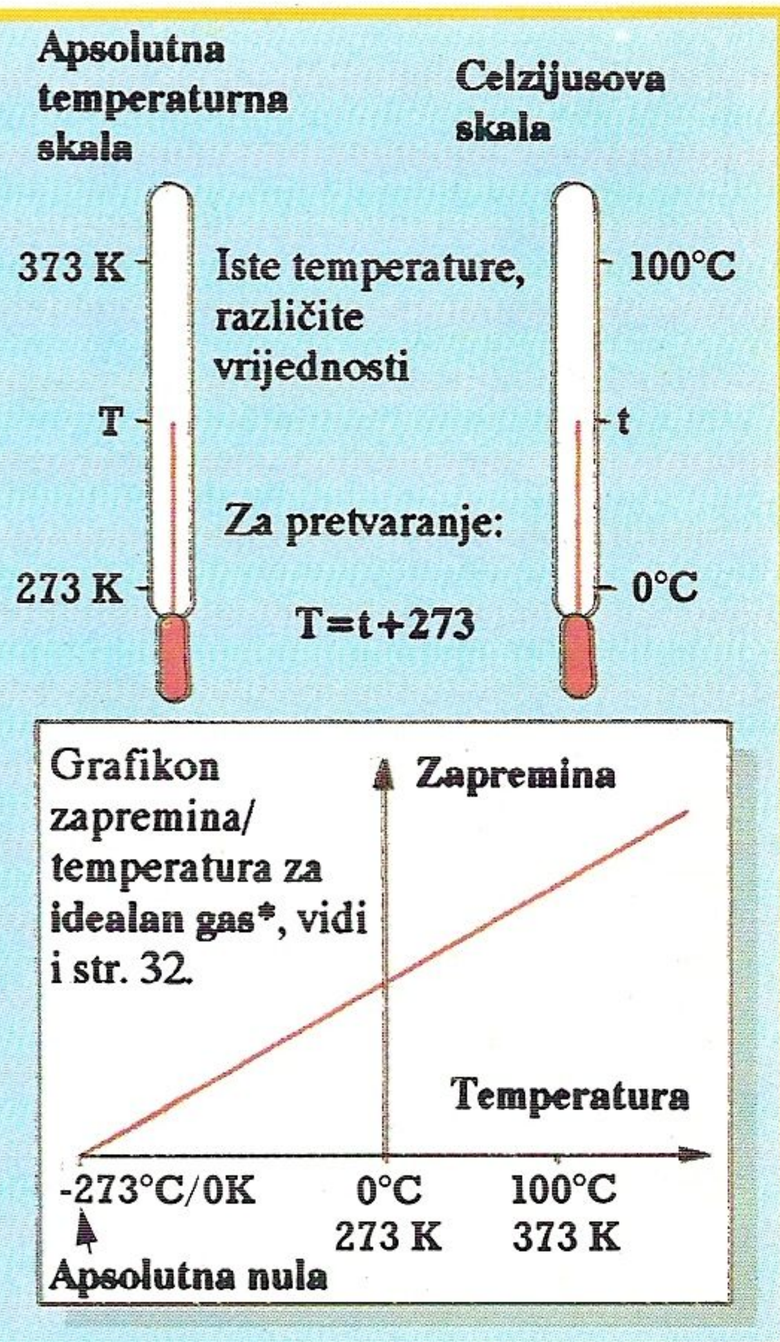


- **Termopar.** Koristi **EMS***, nastalu između spojeva žica za mjerenje temperaturne razlike.

- **Apsolutna ili termodinamička temperaturna skala.** Standardna temperaturna skala koja kao jedinice koristi **kelvine (K)**. Nulta vrijednost se daje najnižoj mogućoj temperaturi koja se samo teoretski može postići, a zove se **apsolutna nula**. Nižu temperaturu nemoguće je postići, jer bi to zahtijevalo negativnu zapreminu (vidi grafikon).

- **Celzijusova skala (°C).** Standardna skala graduirana isto kao **apsolutna temperaturna skala**, ali sa 0° je označena **tačka mržnjenja** i sa 100° **tačka ključanja** (vidi fiksne tačke) vode.

- **Farenhajtova skala (°F).** Stara skala s vrijednostima 32° F i 212°F za **tačku mržnjenja** i **tačku ključanja** vode (vidi **fiksna tačka**). Rijetko se upotrebljava u nauci.

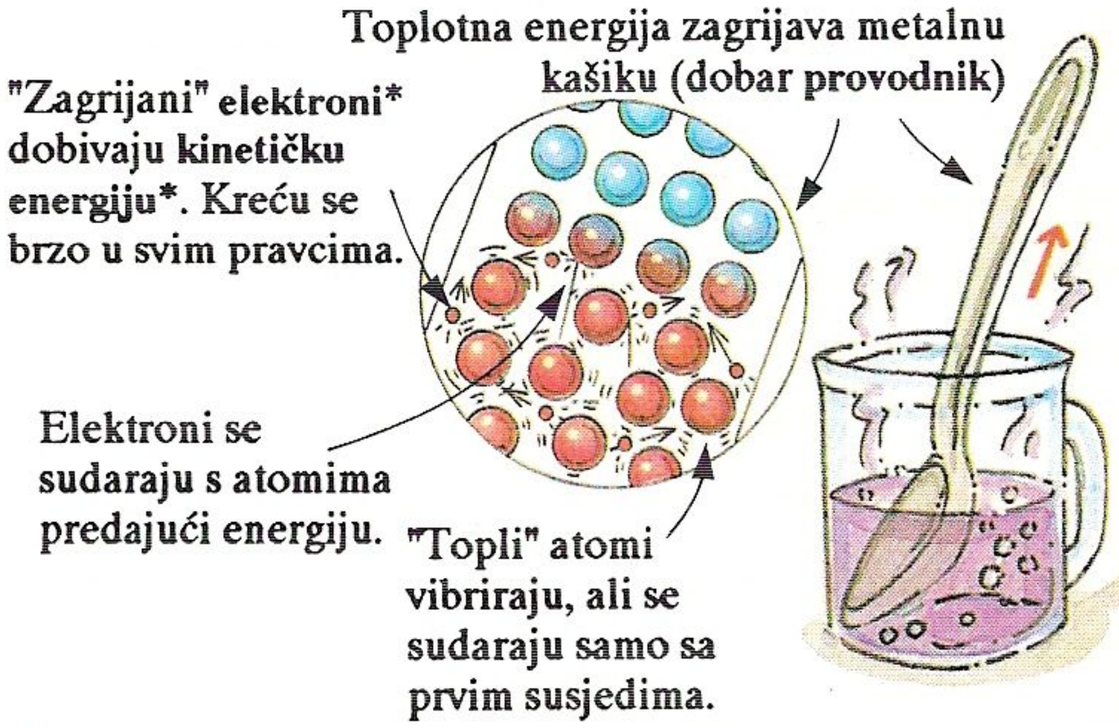


* **Kalibracija**, 115 ; **Elektromotorna sila (EMS)**, 60 ; **Idealan gas**, 33 ; **Meniskus**, 115 ; **Otpor**, 62 ; **Termistor**, 65.

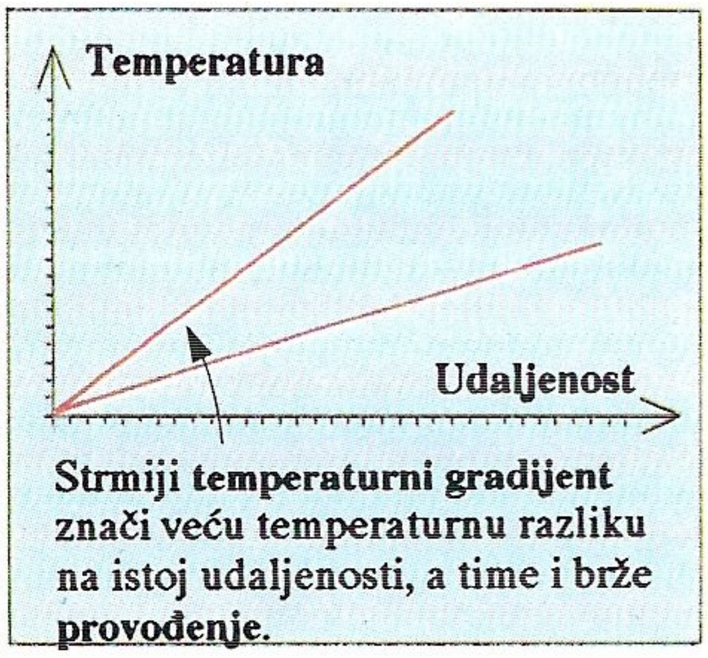
Prenošenje toplote

Kad god postoji temperaturna razlika, **toplotna energija** (vidi str.9) se prenosi **provođenjem, strujanjem** ili **zračenjem** s toplijeg na hladnije mjesto. To povećava **unutrašnju energiju sistema*** hladnijih atoma, podižući njegovu temperaturu, i smanjuje energiju sistema toplijih atoma, snižavajući njegovu temperaturu. Prenošenje toplotne energije se nastavlja dok se temperatura ne izjednači u cijelom području - stanje nazvano **toplotna ravnoteža.**

- **Provođenje (kondukcija).** Način na koji se toplotna energija prenosi kod čvrstih tijela (i kod tečnosti i gasova, ali mnogo manje). Kod dobrih **provodnika** energija se brzo prenosi. Javlja se uglavnom kretanjem slobodnih **elektrona*** (elektroni koji se kreću u provodniku) takođe i vibracijama atoma - vidi **izolatori** (loši provodnici).



- **Izolatori.** Materijali kao drvo i većina tečnosti i gasova u kojima je proces **provođenja** veoma spor (oni su loši **provodnici**). Pošto nemaju slobodne **elektrone***, toplotna energija se prenosi samo vibracijama i sudaranjem susjednih atoma.



$$\text{Temperaturni gradijent} = \frac{t_2 - t_1}{x}$$

gdje su t_1 i t_2 temperature u tačkama 1 i 2, x=udaljenost

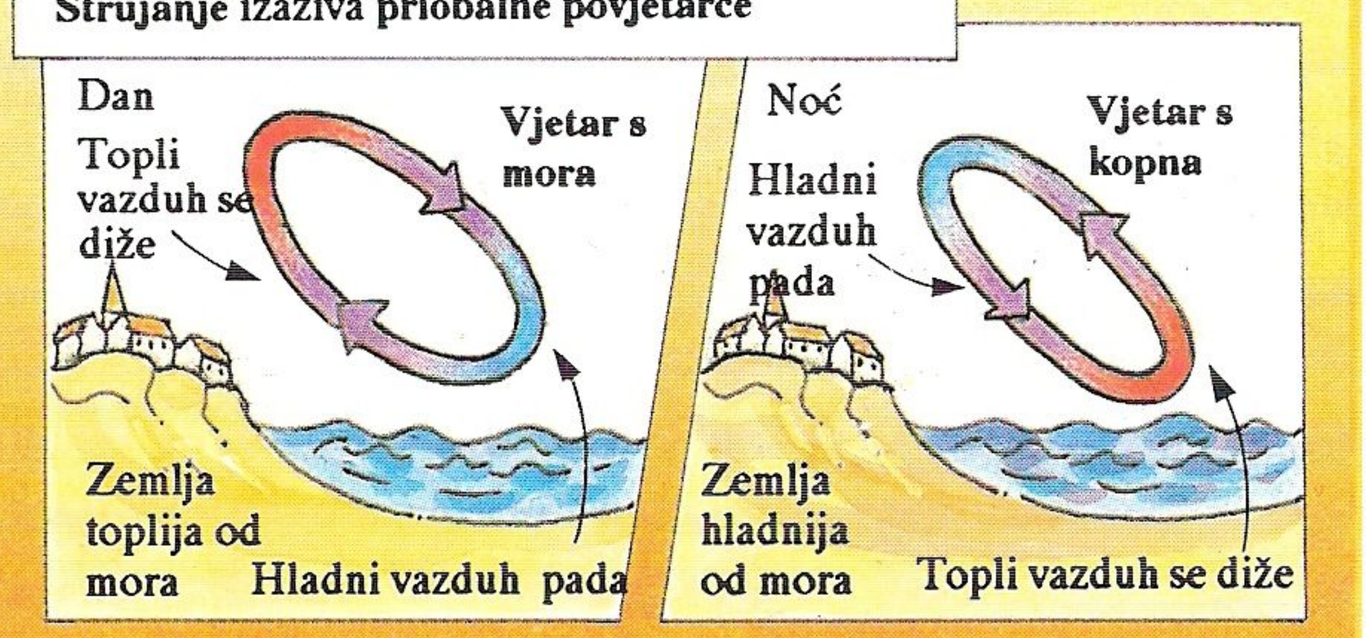
$$\text{Količina prenesene toplote po jedinici površine} = k\frac{t_2 - t_1}{x}$$

gdje je k=provodljivost metala



- **Provodljivost ili toplotna provodljivost.** Mjeri koliko je neki materijal dobar **provodnik** (vidi i str. 114). Količina prenesene toplotne energije kroz neko tijelo zavisi od provodljivosti i **temperaturnog gradijenta.** To je promjena temperature s udaljenošću duž tijela. Što je veća provodljivost i strmiji gradijent to je brže prenošenje toplote.

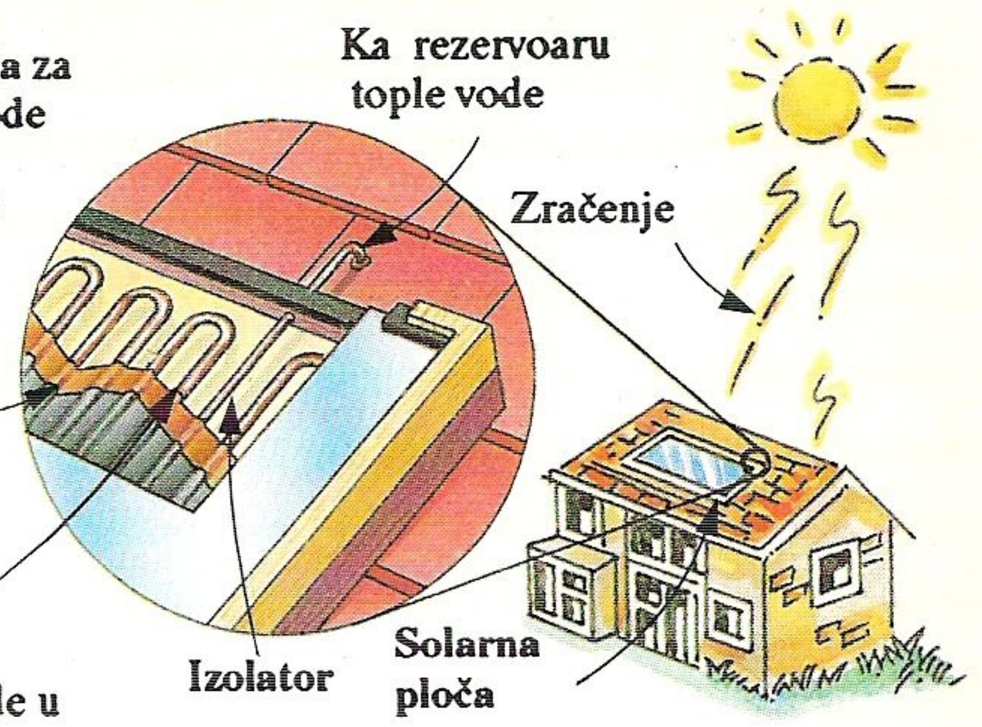
- **Strujanje (konvekcija).** Način prenošenja toplote kod tečnosti i gasova. Ako se tečnost ili gas zagrijavaju, šire se, postaju rjeđi i dižu se. Njihovo mjesto zauzimaju hladniji, gušći gas ili tečnost, koji padaju dolje. Tako se uspostavlja **strujanje.**

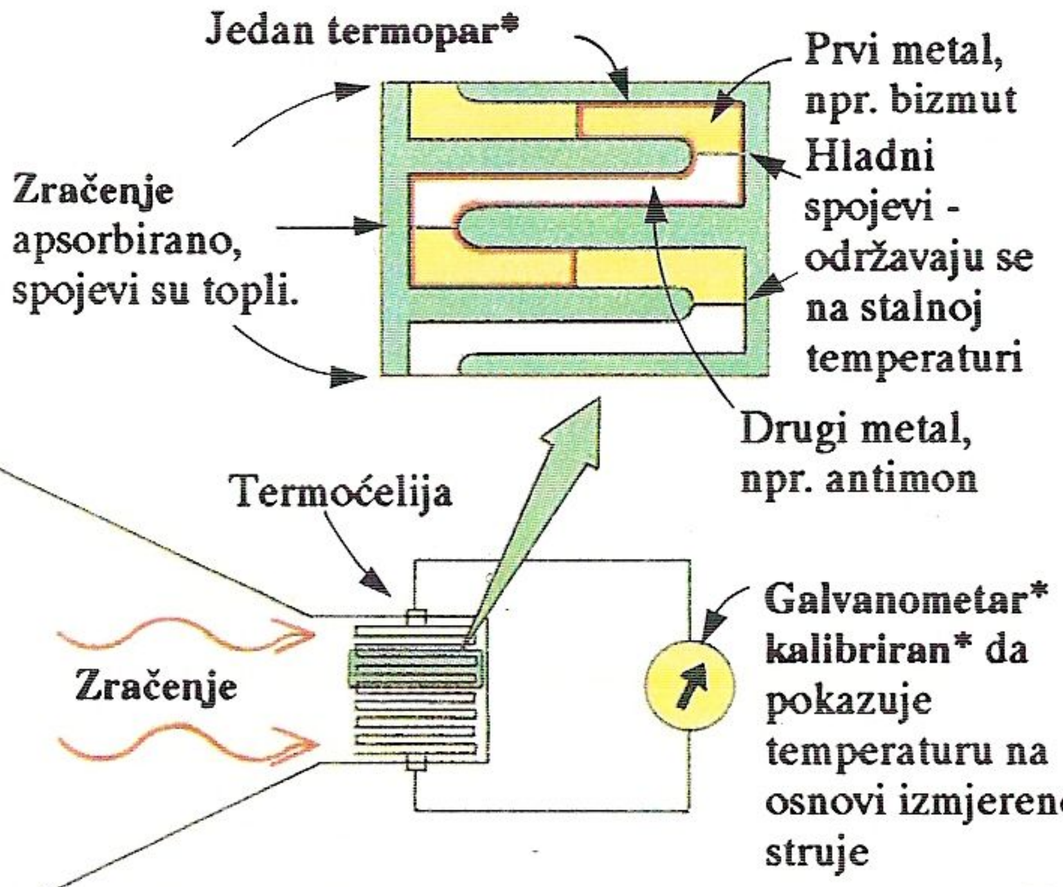


* **Elektroni**, 88 ; **Unutrašnja energija, Kinetička energija**, 9.

● **Zračenje (radijacija).** Način na koji se toplotna energija prenosi s toplijeg na hladnije mjesto bez **posrednika (medija)***. Ono može da se ostvaruje kroz vakuum, za razliku od **provođenja i strujanja.** Termin zračenje se često upotrebljava da označi samu toplotnu energiju koja se inače zove **toplotna energija zračenja.** Ona poprima oblik **elektromagnetnih talasa***, uglavnom **infracrveno zračenje***. Kada ovi talasi padnu na tijelo, nešto od njihove energije se apsorbuje povećavajući **unutrašnju energiju*** tijela, a time i njegovu temperaturu. Vidi **Læslijeva kocka,** dolje.

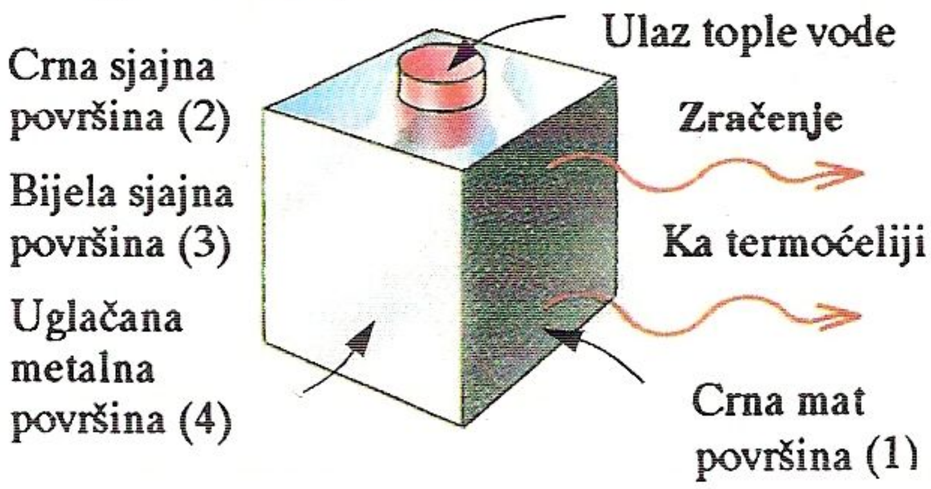
▶ Korištenje **zračenja** za dobivanje tople vode





● **Termoćelija, (termostub).** Sprava za mjerenje **zračenja.** Sastoji se od dva ili više **termoparova*** (obično više od 50) povezanih jedan za drugi u nizu. Zračenje pada na metalne spojeve sa strane i temperaturna razlika između tih spojeva i hladnih na drugoj strani izaziva **EMS*** kroz termoćeliju, čija vrijednost pokazuje količinu apsorbiranog zračenja.

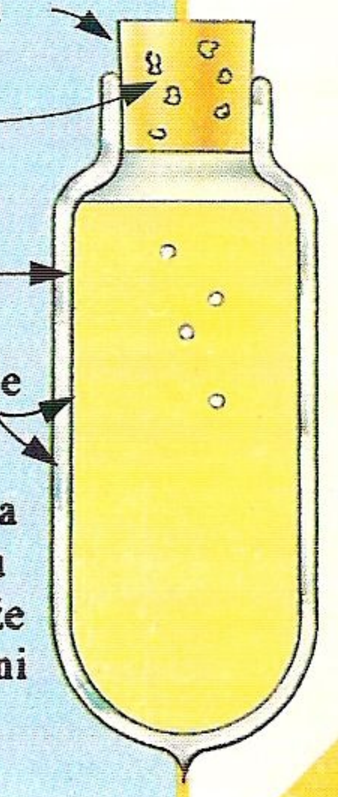
Leslijeva kocka. Koristi se za upoređivanje snage **zračenja** . Brojevi (od 1 do 4) označavaju snagu zračenja površina.



● **Læslijeva kocka.** Šuplja kocka tankih zidova (dobar **provodnik**) s različitim vanjskim površinama. Upotrebljava se za to da pokaže da površine različito **zrače** i apsorbuju toplotnu energiju. Ta njihova sposobnost se upoređuje s idealnim tzv. **crnim tijelom,** koje apsorbuje svo zračenje koje na njega padne i takođe najbolje zrači.

● **Efekat staklenika (rasadnika).** Toplotni efekat koji se stvara prilikom **zračenja** usmjerenog u zatvoren prostor npr. rasadnik. Tijela unutar njega apsorbuju Sunčevo zračenje i reemituju zračenje manje energije koje ne može proći nazad kroz staklo. Ugljik-dioksid u atmosferi stvara sličnu barijeru. Njegov nivo se povećava i zato se vazduh sporo zagrijava.

● **Vakuum boca.** Boca koja zadržava sadržaj na stalnoj temperaturi. Sastoji se od dvije staklene posude, jedne unutar druge, između kojih je vakuum (sprečava prenošenje toplote **provođenjem i strujanjem**) i koje imaju sjajne površine (**zračenje** svode na minimum).



* **Kalibracija,** 115 ; **Elektromagnetni talasi,** 44 ; **Elektromotorna sila (EMS),** 60 ; **Galvanometar,** 77 ; **Infracrveno zračenje,** 45 ; **Unutrašnja energija,** 9 ; **Medij,** 115 ; **Termopar,** 27.

Efekti prenošenja toplote

Kada tijelo apsorbuje ili gubi **toplotnu energiju**, (vidi str. 28-29) njegova **unutrašnja energija*** se povećava ili smanjuje. Rezultat toga je ili povišenje ili opadanje temperature (čija vrijednost zavisi od **toplotnog kapaciteta** tijela) ili **promjena agregatnog stanja.**

● **Toplotni kapacitet** (C). Toplotna energija koju tijelo prima ili odaje kada se njegova temperatura mijenja za 1K. To je osobina svakog tijela i zavisi od njegove mase i supstance ili supstanci od kojih je načinjeno. Otuda je njegova vrijednost različita za svako tijelo i mora se pojedinačno izračunavati.

$Q=C(t_2-t_1)$, gdje je Q=predana ili primljena toplotna energija, C=toplotni kapacitet, t_1 i t_2 temperature.

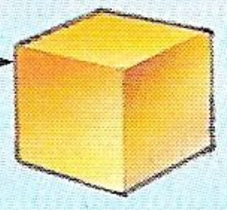
SI-jedinica* toplotnog kapaciteta je džul/kelvin (JK^{-1}).

● **Specifični toplotni kapacitet (c).** Toplotna energija koju prima ili odaje 1 kg supstance pri promjeni temperature za 1K. To je osobina same supstance, tj. svaka supstanca ima određenu vrijednost (c). Ta se vrijednost mijenja ako se **mijenja agregatno stanje.** Vidi i str. 114.

$Q=mc(t_2-t_1)$ m=masa, c=specifični toplotni kapacitet, Q, t_1, t_2 kao gore.

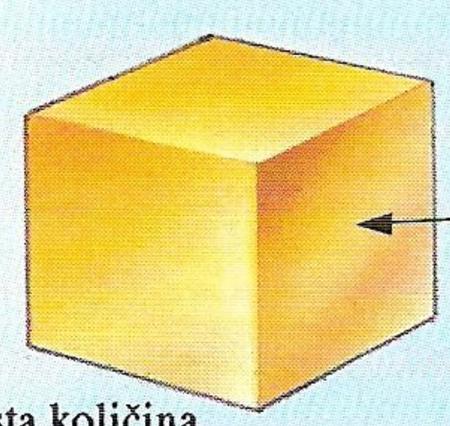
SI - jedinica* specifičnog toplotnog kapaciteta je džul po kg po kelvinu ($Jkg^{-1}K^{-1}$).

Masa (m) od 2 kg mesinga (c= 380 $Jkg^{-1}K^{-1}$) zagrijava se određeno vrijeme. Temperatura raste od 303K do 307K.



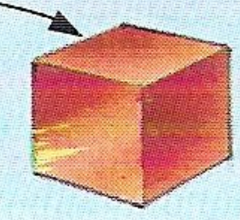
Q (primljena toplota) = 2·380·(307-303) J,

Q = 3040 J



Ista količina toplotne energije koju primi 16 kg mesinga podići će mu temperaturu za 0,5 K.

Ista količina toplotne energije predana masi od 2 kg bakra izaziva porast temperature od 3,8 K.



Otud, specifični toplotni kapacitet bakra je 400 J kg^{-1} K^{-1}

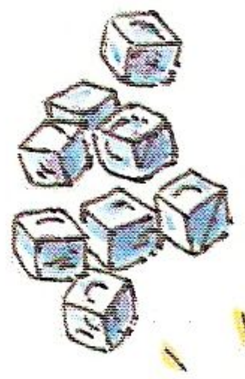
Promjene agregatnog stanja

Promjena stanja je prelaz iz jednog fizičkog stanja (čvrstog, tečnog, gasovitog) u drugo (više o **stanju supstance** vidi na str.4). Dok se mijenja agregatno stanje, nema promjene u temperaturi. Umjesto toga, sva toplotna energija koja se prima ili odaje koristi se da stvori ili razbije molekularne veze. Ona se zove **latentna toplota** (L) - vidi grafikone na str. 31. **Specifična latentna toplota** (l) neke supstance je toplotna energija koja se prima ili odaje kada 1 kg supstance mijenja stanje.

● **Vaporizacija.** Pretvaranje tečnosti u gas na određenoj temperaturi, zvanoj **tačka ključanja** tečnosti (kaže se da tečnost **ključa**). Izraz se šire koristi da označi bilo koju promjenu koja se završava pojavom gasa ili pare, npr. uključujući i **isparavanje** i **sublimaciju.**



● **Očvršćavanje (mržnjenje).** Prelaz iz tekućeg u čvrsto stanje na temperaturi **tačke mržnjenja** tečnosti (temperatura jednaka temperaturi **tačke topljenja**).



● **Topljenje.** Prelaz iz čvrstog u tečno stanje na temperaturi zvanoj **tačka topljenja** čvrstog tijela.



● **Kondenzacija.** Prelaz gasa ili pare u tečnost.



* Unutrašnja energija, 9 ; Si - jedinice, 96.

● **Isparavanje.** Pretvaranje tečnosti u paru udaljavanjem molekula s njene površine. Dešava se pri svim temperaturama a pojačava se u nekom od slijedećih slučajeva ili u njihovoj kombinaciji: porast temperature, porast površine ili smanjenje pritiska. Takođe se povećava ako se para strujom vazduha odmah uklanja iznad tečnosti. **Latentna toplota** (vidi **promjene stanja**) potrebna za isparavanje uzima se iz same tečnosti koja se hladi i hladi svoju okolinu.



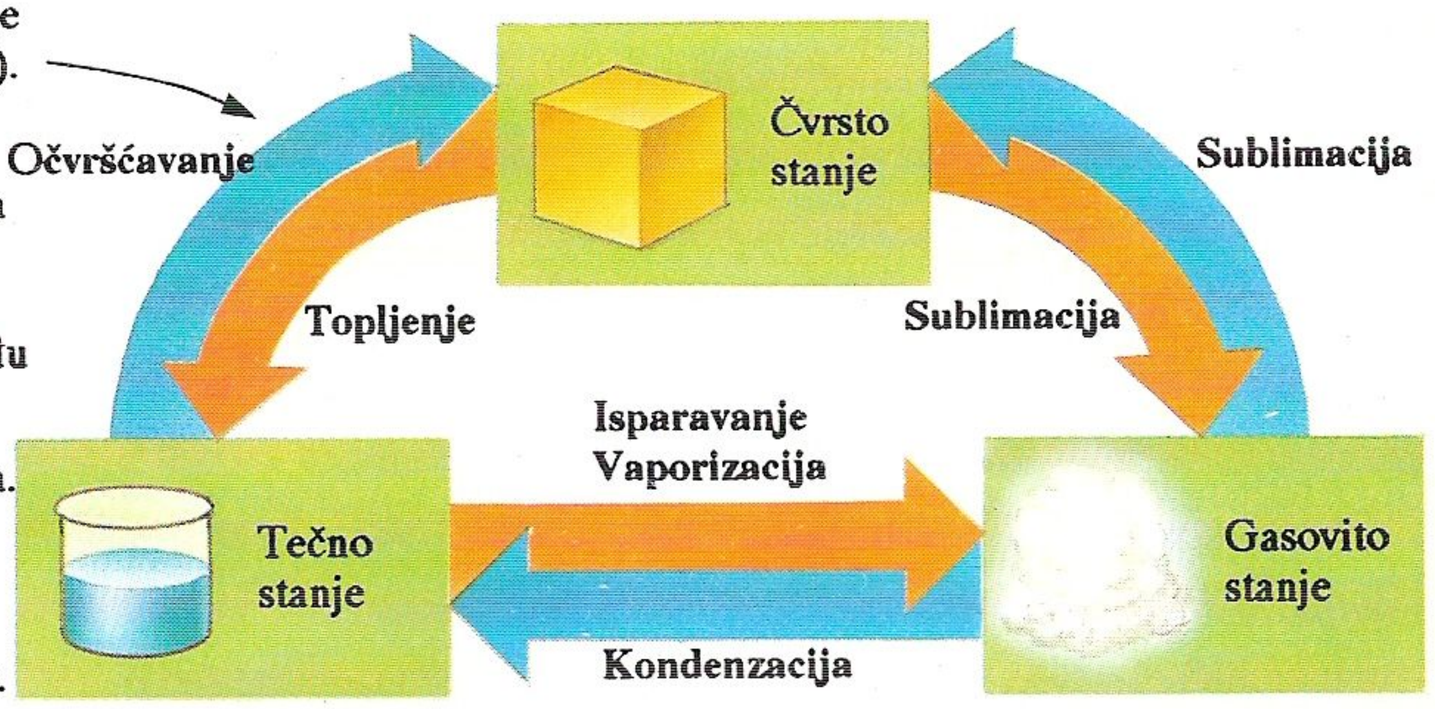
● **Sublimacija.** Pretvaranje supstance iz čvrstog stanja direktno u gas ili obratno, bez prolaženja kroz tečno stanje.

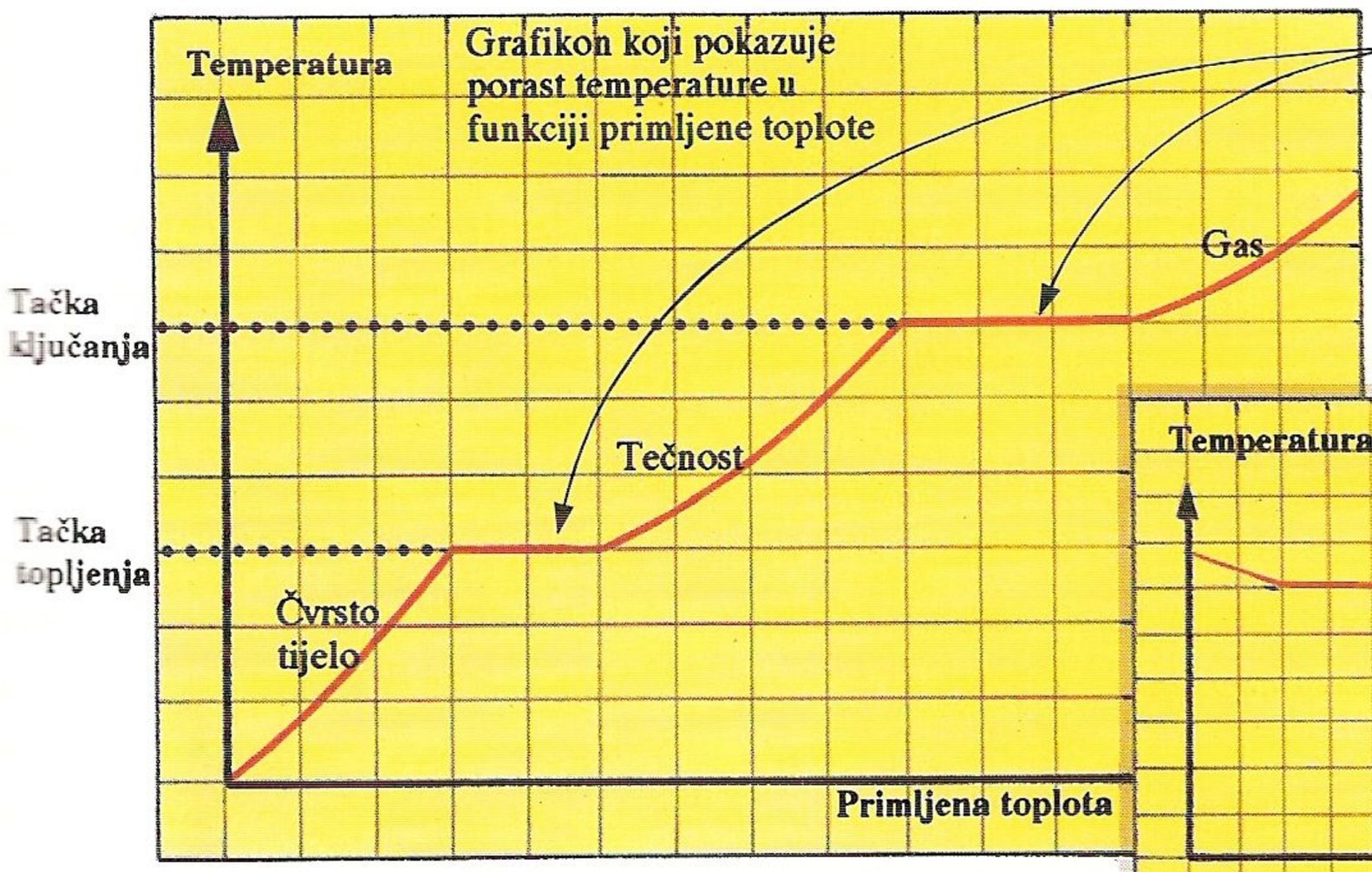


Promjene stanja. Temperatura ostaje konstantna (vidi grafikon dolje).

Promjene uslijed hlađenja. Toplotna energija koja bi bila izgubljena (temperatura se snižava) koristi se (**latentna toplota**)za stvaranje veza među molekulima.

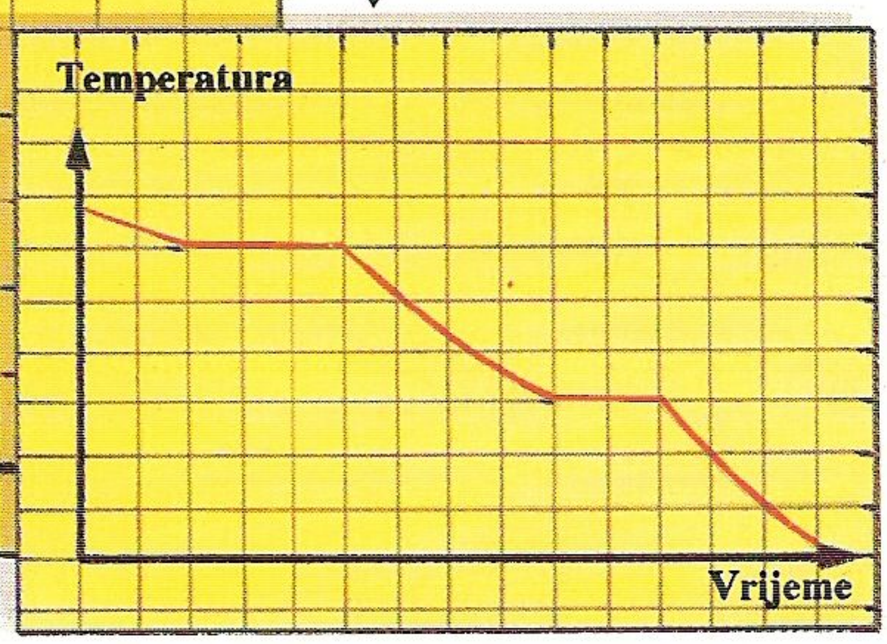
Promjene uslijed zagrijavanja. Primljena toplotna energija koja bi podigla temperaturu koristi se (**latentna toplota**) da prekine molekularne veze.





Temperatura je konstantna za vrijeme promjene stanja. Toplota (**latentna**) koristi se da prekine veze među molekulima.

Krivulja hlađenja pokazuje opadanje temperature s vremenom, potrebnim da se toplo tijelo ohladi.



● **Specifična latentna toplota vaporizacije.** Toplotna energija potrebna da se 1kg supstance u **tački ključanja** pretvori iz tečnog u gasovito stanje na istoj temperaturi. Ona je jednaka toploti koja se oslobađa pri suprotnom procesu.

● **Specifična latentna toplota topljenja.** Toplotna energija potrebna da se 1kg supstance pretvori iz čvrstog u tečno stanje u tački **topljenja.** Ona je jednaka toploti koja se oslobađa kada je proces obrnut. Vidi i str. 114.

$$Q = m\,l$$

gdje je Q=toplotna energija koju tijelo prima ili odaje, m=masa, l=specifična latentna toplota

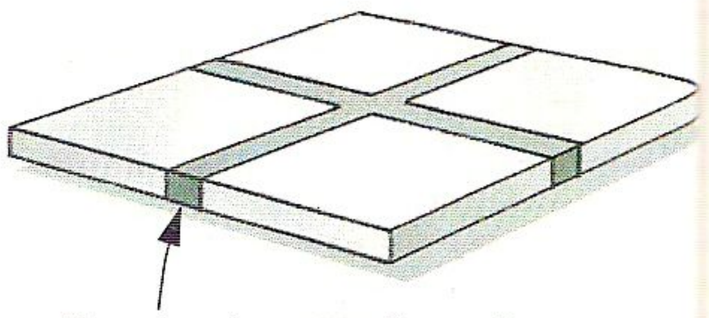
SI-jedinica specifične latentne toplote je džul/kg (Jkg^{-1}).

* **SI - jedinice**, 96.

Toplotno širenje

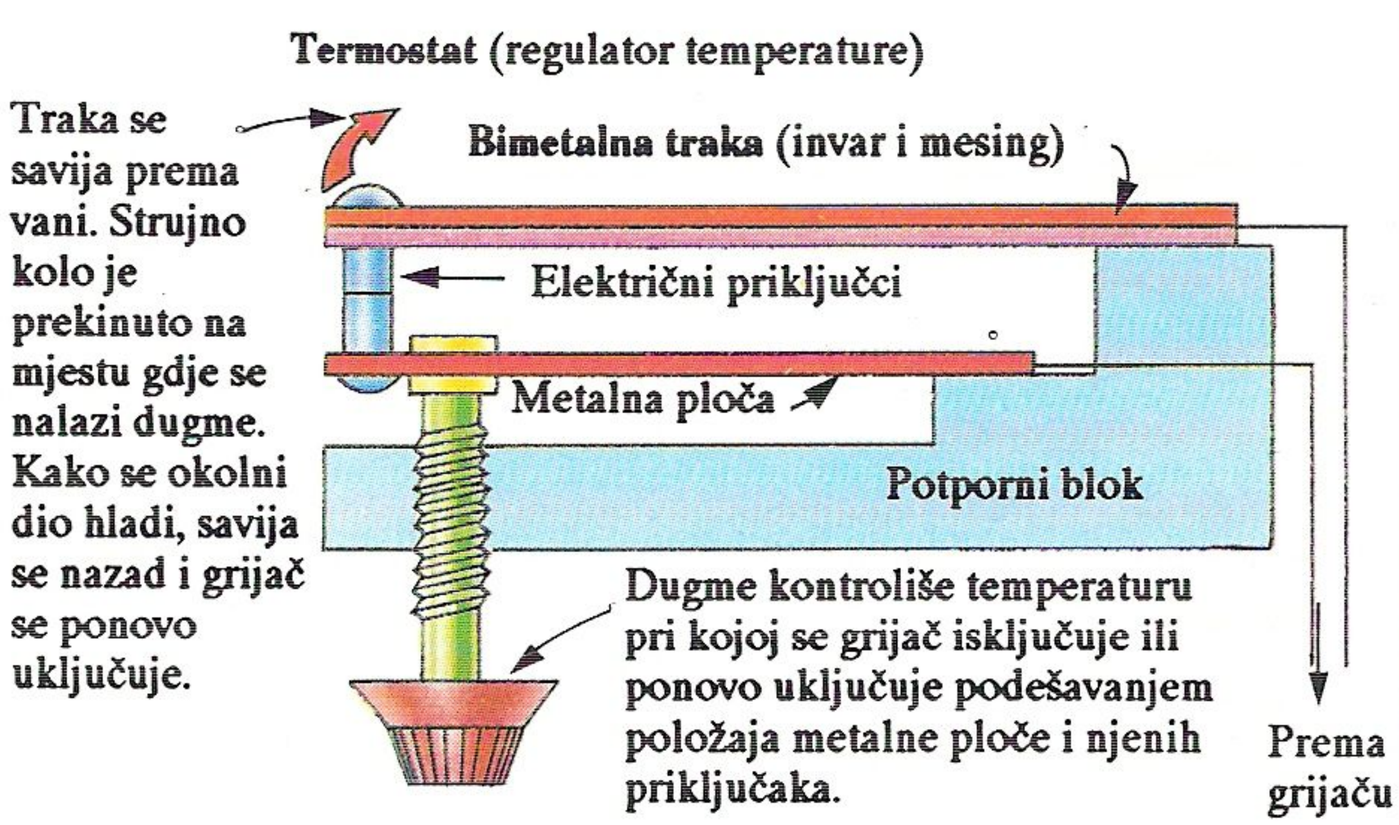
Većina supstanci se širi pri zagrijavanju - njihove molekule se brže udaljavaju. Obim tog širenja (**ekspanzivnost**) zavisi od **međumolekularnih sila***. Uz istu količinu toplote (pri stalnom pritisku) čvrste supstance se najmanje šire, pošto su njihove molekule najzbijenije i zato među njima djeluje najjača sila. Tečnosti se šire više, gasovi najviše.

O širenju čvrstih tijela pri zagrijavanju mora se voditi računa u građevinarstvu.



Gumirani nastavak stavljen među kamene ploče

● **Bimetalna traka.** Pokazuje širenje čvrstih tijela pri zagrijavanju. Napravljena je od dvije jednake metalne trake spojene po dužini. Ako se zagrijavaju ili hlade, oba metala se šire, odnosno sabijaju, ali različito, te se traka savija. Takve trake se upotrebljavaju kod **termostata.**



● **Koeficijent linearnog toplotnog širenja** (α). Relativna promjena početne dužine čvrstog tijela pri zagrijavanju za 1K.

● **Koeficijent površinskog širenja** (β)
Relativna promjena početne površine čvrstog tijela pri zagrijavanju za 1K.

Za čvrsta tijela ili tečnosti:

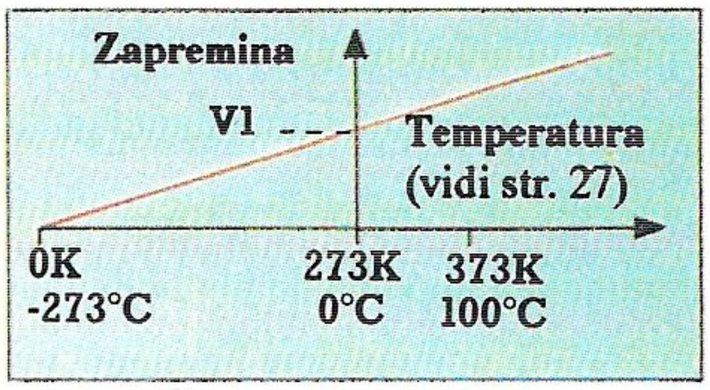
$$\text{Koeficijent toplotnog širenja } (\alpha, \beta, \gamma) = \frac{\text{promjena (dužine, površine ili zapremine)}}{\text{početna (dužina, površina ili zapremina)} \cdot \text{porast temperature}}$$

Napomenimo da je jedino pravo širenje tečnosti **kubno širenje**. Ono je ili **realno ili prividno** (vidi str.33), pa je takva i promjena zapremine u formuli.

Za gasove:

$$\gamma = \frac{\text{promjena zapremine pri stalnom pritisku}}{\text{zapremina na 0°C (273K)} \cdot \text{porast temperature}}$$

● **Koeficijent kubnog ili zapreminskog širenja** (γ). Relativna promjena prvobitne zapremine supstance pri zagrijavanju za 1K. Ona je jednaka za sve gasove (pri stalnom pritisku) ako se pretpostavi da se oni ponašaju kao **idealni gasovi**. Pošto se gasovi mnogo šire, kao početna zapremina se uvijek uzima zapremina na 0^0C, tako da se mogu izvršiti valjana upoređivanja (ovo nije potrebno kod čvrstih tijela i tečnosti pošto su promjene male).



◀ Promjena zapremine **idealnog gasa** ovisno o temperaturi (stalan pritisak). Prikaz **Gej Lisakovog zakona** (zapremina raste proporcionalno temperaturi).

Od zapremine nula do zapremine na 0°C (V1) postoje 273 podioka skale.

Grafik je linearan, pa se pri porastu temperature za svaki stepen zapremina gasa povećava za 1/273 dio zapremine V1.

Tako je za idealan gas:

$$\gamma = \frac{1}{273} K^{-1}$$

*Međumolekularna sila, 7.

- **Realni ili apsolutni koeficijent kubnog širenja.** Relativna promjena zapremine tečnosti pri porastu temperature za 1K.

- **Prividni koeficijent kubnog širenja.** Relativna promjena zapremine za koju se tečnost prividno širi pri porastu temperature za 1K. U stvari, zagrijavanje takođe prouzrokuje veoma malo širenje posude, tako da kalibrirani podaci na posudi više nisu važeći.

- **Anomalno širenje.** Fenomen pri kojem se tečnosti skupljaju umjesto da se šire kada temperatura raste unutar nekog intervala (npr. voda između 0°C i 4°C).

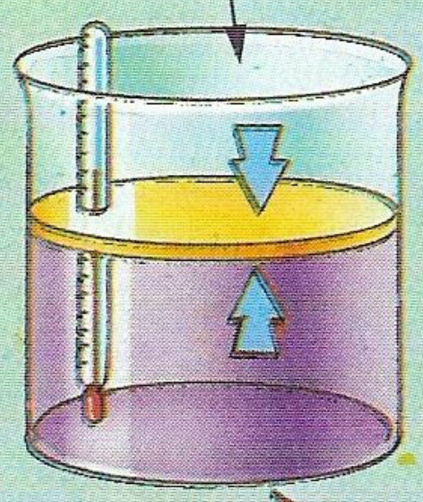
Ponašanje gasova

Svi gasovi se slično ponašaju i ima nekoliko **zakona** koji opisuju to ponašanje (vidi dolje). Idealan gas je teorijski gas. On se po definiciji, ponaša u skladu s **Bojlovim** (R. Boyle)**zakonom** pri svakoj temperaturi i pritisku. U stvari, ponaša se i u skladu sa ostala dva gasna zakona. Kada su realni gasovi na normalnoj temperaturi i pod normalnim pritiskom oni pokazuju približno idealno ponašanje (što je viša temperatura i pritisak niži to je ta približnost veća). Zato se ovi zakoni mogu općenito primjenjivati.

Ključ

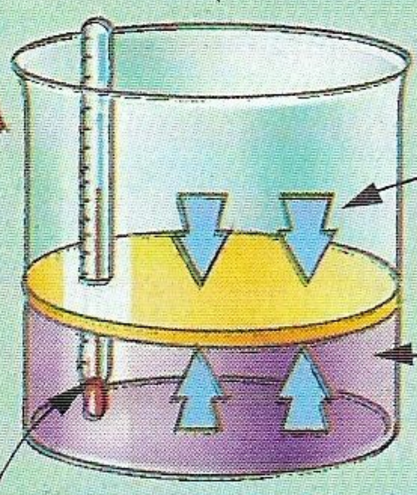
P=pritisak
V=zapremina
T=temperatura u apsolutnoj skali*,
R=gasna konstanta*

Gas pri konstantnoj temperaturi, pritisku i zapremini



Bojlov zakon

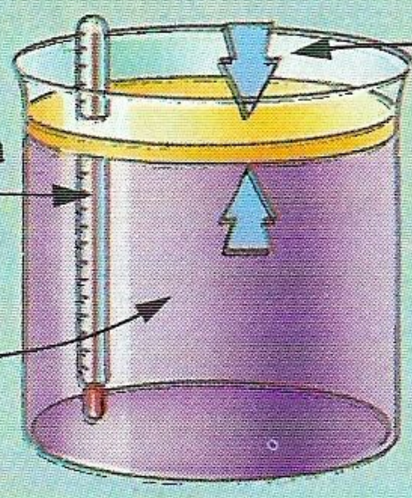
$$V \propto \frac{1}{P} \text{ ili } PV = \text{const.}$$



Bojlov zakon. Zapremina određene mase gasa pri konstantnoj temperaturi je obrnuto proporcionalna pritisku. Npr. ako pritisak na gas raste, zapremina se proporcionalno smanjuje - molekule se približavaju. Ne zaboravite da pritisak koji vrši gas raste za istu vrijednost kao i pritisak koji se vrši na njega (molekule češće udaraju o zidove posude).

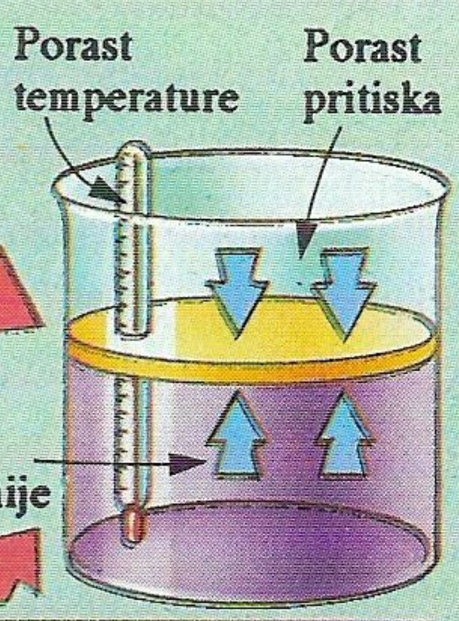
Gej-Lisakov (Gay-Lusac) zakon. Zapremina određene mase gasa pri konstantnom pritisku je proporcionalna temperaturi u **apsolutnoj skali***. Npr. ako temperatura raste a pritisak ostaje isti, zapremina raste proporcionalno (posuda se može širiti) - molekule se sve brže udaljavaju. Pritisak koji vrši gas ostaje stalan, kao i pritisak koji se vrši na njega (molekule udaraju o zidove posude istom frekvencijom - imaju veći prostor, ali veću energiju).

Gej- Lisakov zakon



$$V \propto T \text{ ili } \frac{V}{T} = \text{const.}$$

Šarlov zakon



$$P \propto T \text{ ili } \frac{P}{T} = \text{const.}$$

Šarlov (J. Charles) zakon. Pritisak određene mase gasa pri konstantnoj zapremini je proporcionalan temperaturi u **apsolutnoj skali***. Npr. ako temperatura raste a zapremina ostaje stalna, pritisak gasa proporcionalno raste-molekule se brže kreću i udaraju u zid posude. Pritisak koji se vrši na gas da bi se zapremina održala konstantnom mora rasti za istu vrijednost kao i pritisak koji vrši gas.

Jednačina idealnog gasa, opšta jednačina gasa ili jednačina stanja povezuje navedene zakone:

Za 1 mol* gasa:

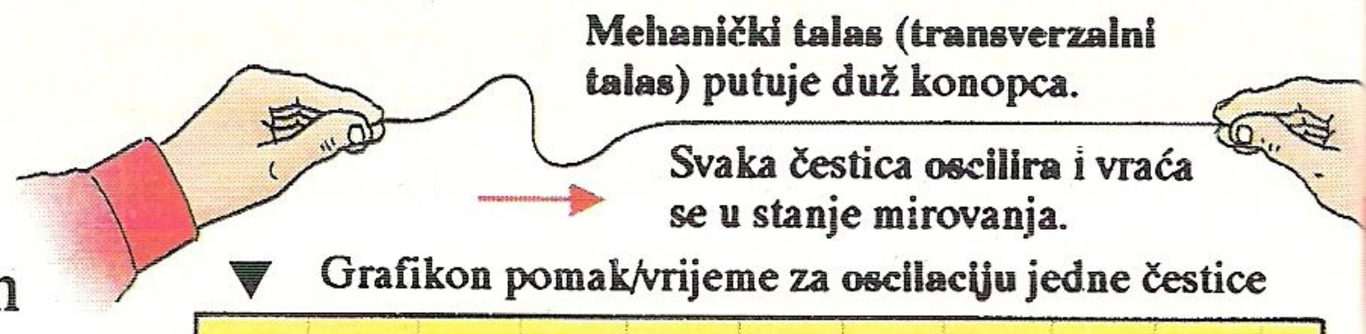
$$\frac{PV}{T} = R \text{ ili } PV = RT$$

*Apsolutna temperaturna skala, 27; Mol, 96.

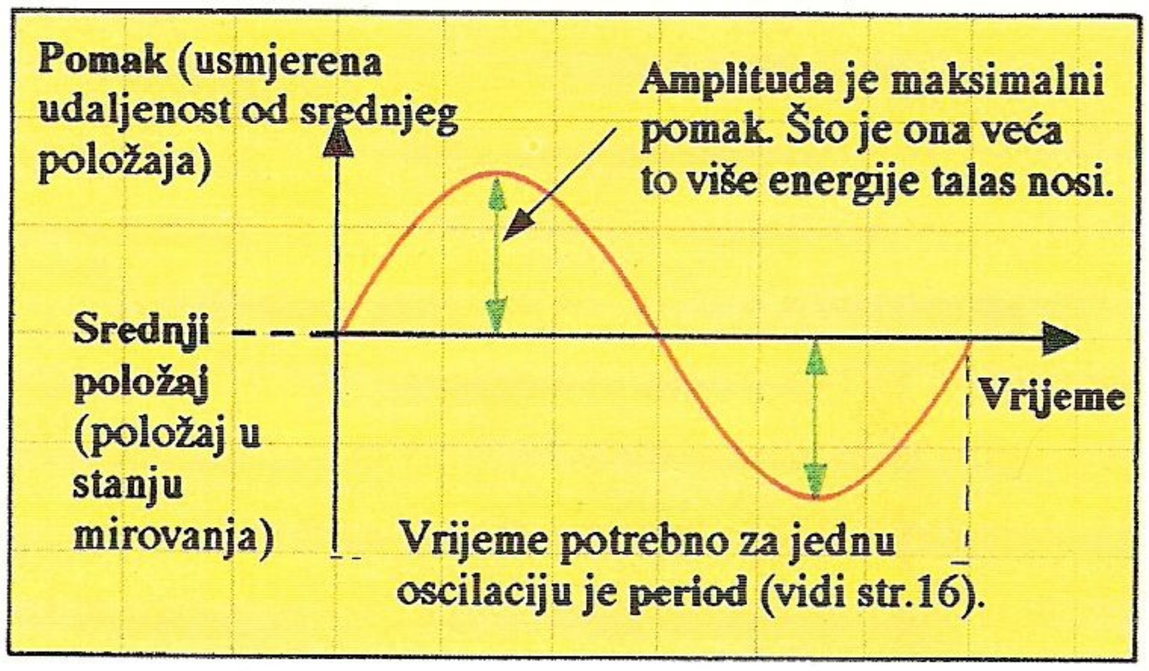
Talasi

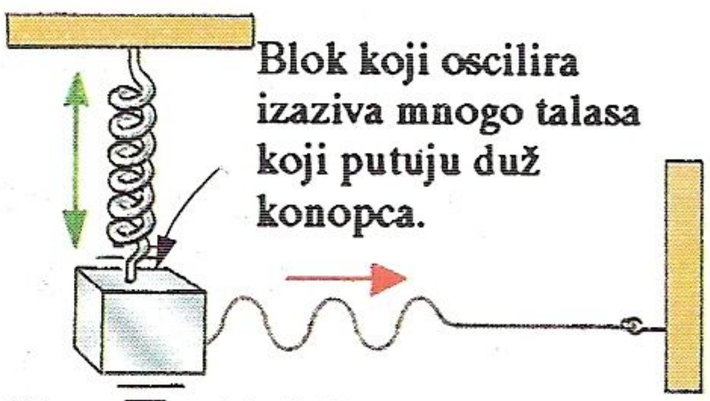
Talasi prenose energiju sredinom (**medijem**)* kroz koju se prostiru. Zovu se **progresivni** ili **putujući** talasi pošto se energija prenosi od izvora do okolnih tačaka (ali vidi takođe **stojeći talasi**, str.43). Postoje dva glavna tipa - **mehanički talasi**, kao što su zvučni talasi, i **elektro - magnetski talasi** (vidi str. 44).

Talasno kretanje se uvijek u pravilnim razmacima ponavlja (**periodično kretanje** - vidi str.16) u vidu **oscilacija** neke veličine. Kod mehaničkih talasa to su oscilacije čestica (molekula) elastične sredine, a kod elektro-magnetskih talasa osciliraju električno i magnetno polje.

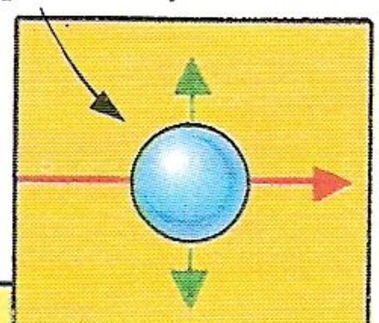


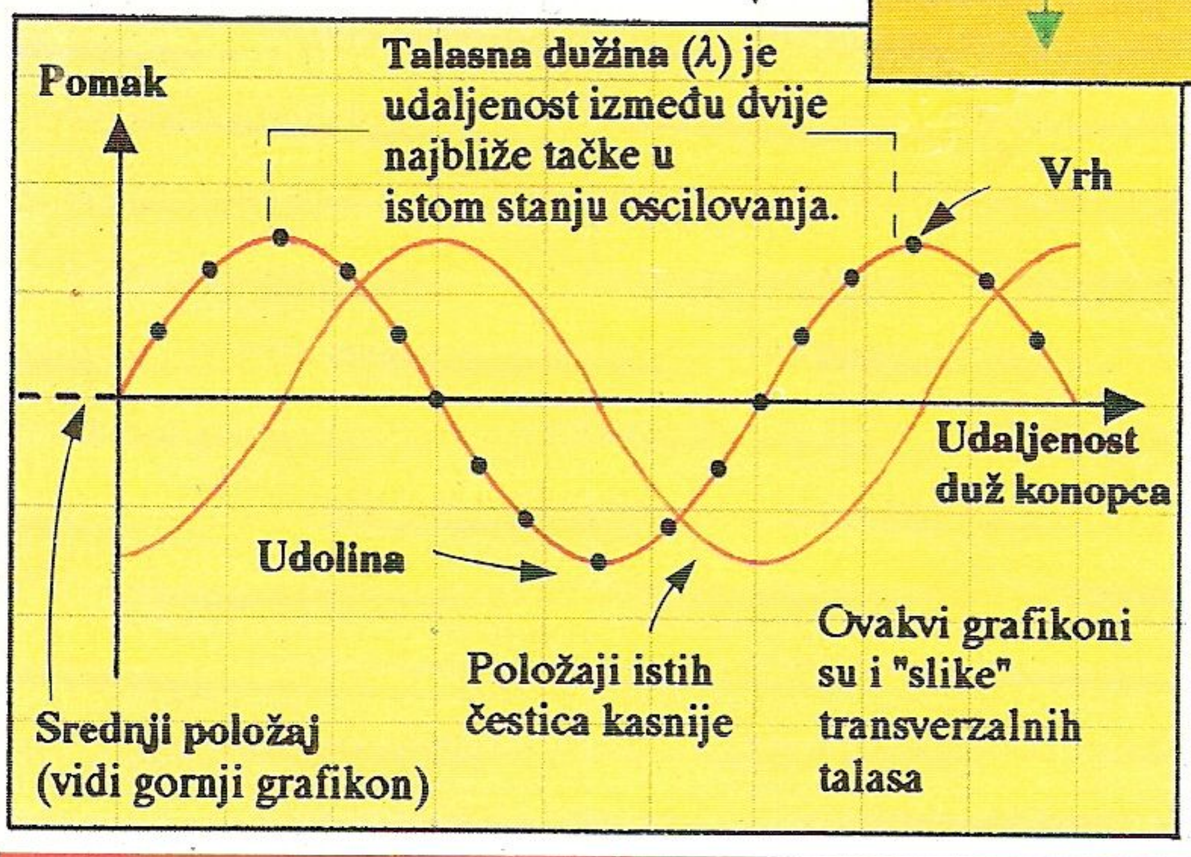
▼ Grafikon pomak/vrijeme za oscilaciju jedne čestice





Grafikon pomak/udaljenost za čestice dijela konopca u određenom momentu ▼



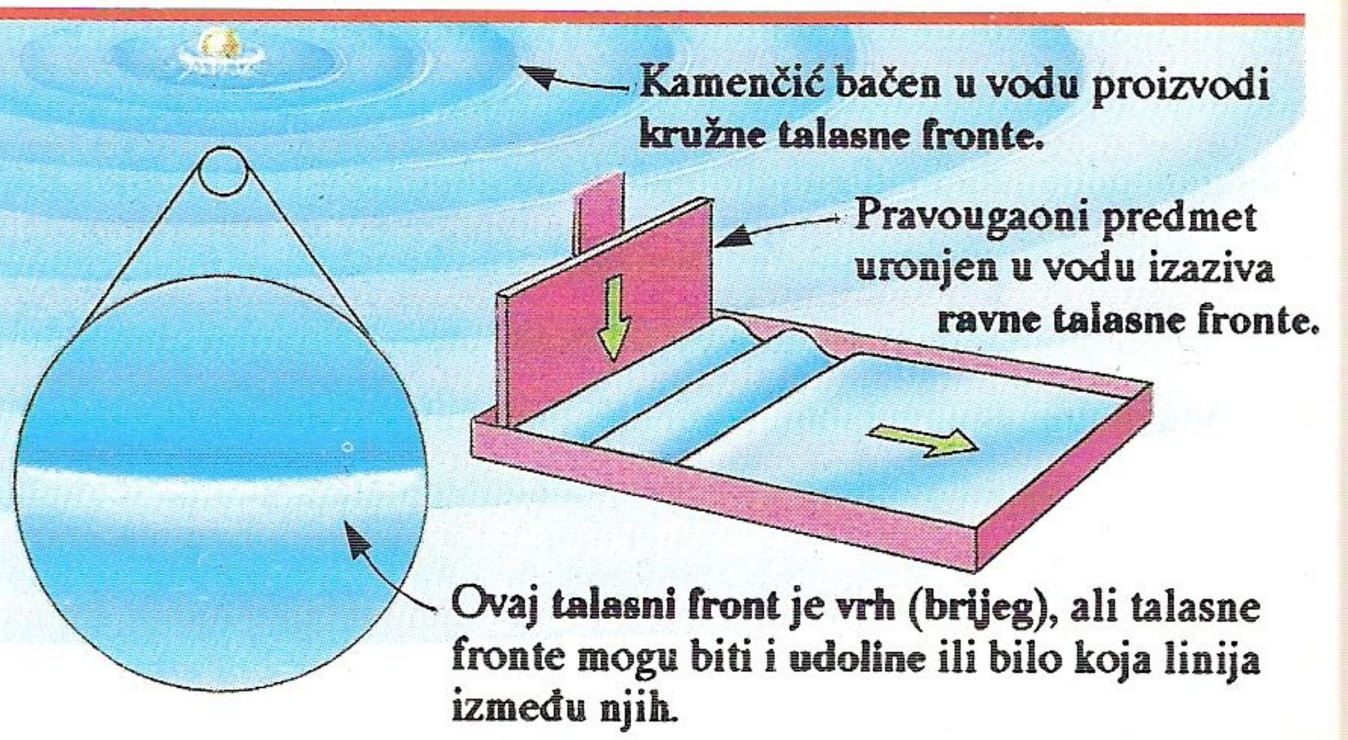


- **Transverzalni talasi.** Talasi kod kojih su oscilacije normalne na pravac prenošenja energije talasa, npr. talasi na vodi (oscilacije čestica) i svi **elektromagnetski talasi*** (oscilacije polja - vidi uvod).

- **Bregovi ili vrhovi talasa.** Tačke u kojima talas izaziva maksimalno pozitivno pomjeranje **medija***. Bregovi nekih talasa, npr. talasa na vodi, mogu se vidjeti.

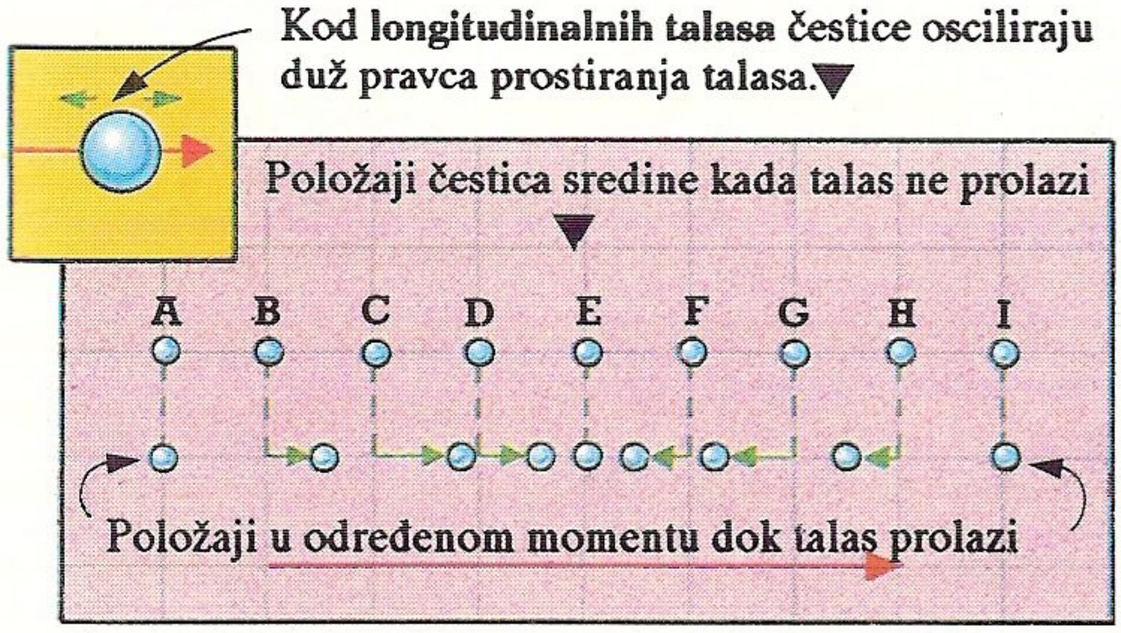
- **Udolina (dno) talasa.** Tačke u kojima talas izaziva maksimalno negativno pomjeranje **medija***. Udubljenja nekih talasa, npr. talasa na vodi, mogu se vidjeti.

- **Talasni front.** Bilo koja linija ili presjek kroz talas koji se kreće, a koja povezuje sve tačke koje su u istom stanju oscilovanja. Talasne fronte su obično normalne na pravac talasa i mogu imati razne oblike, npr. **kružne** i **ravne talasne fronte.**

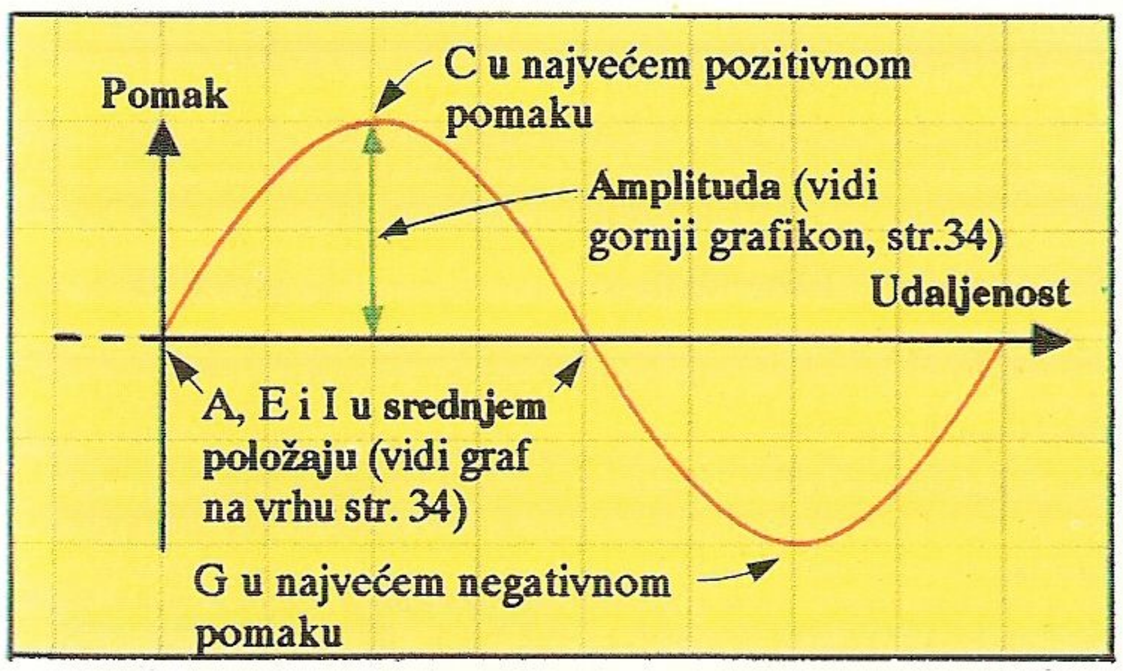


*Elektromagnetski talasi, 44; Medij, 115.

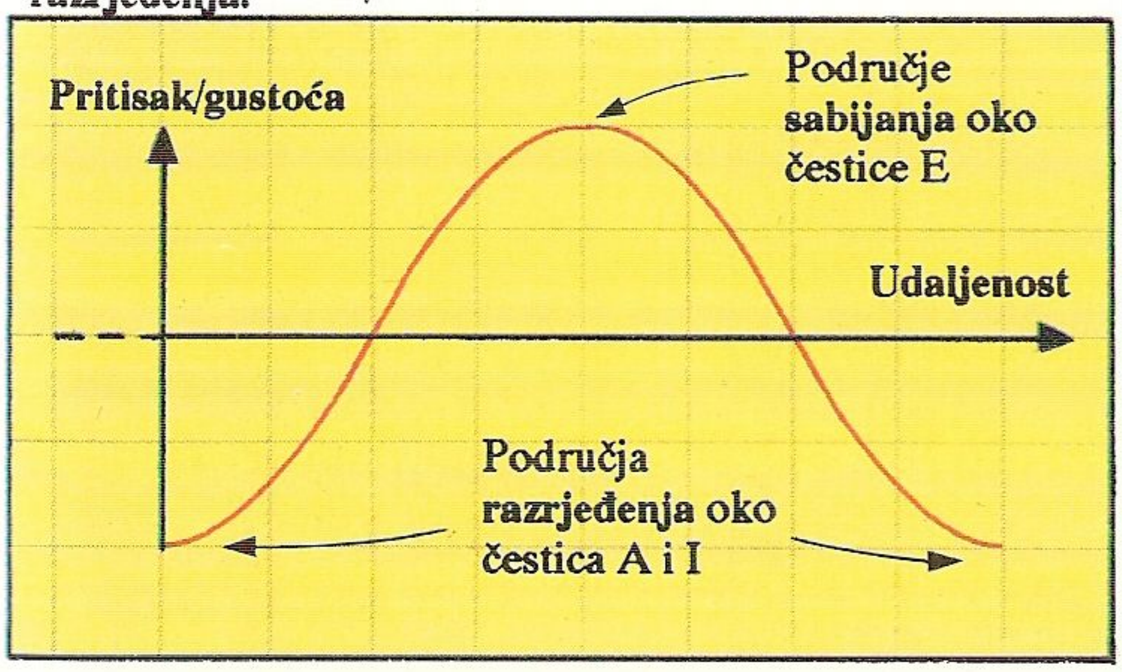
● **Longitudinalni talasi.** Talasi kod kojih su oscilacije u pravcu talasnog kretanja, npr. zvučni talasi. To su samo **mehanički talasi** (vidi uvod), tj. čestice su te koje osciluju.



Graf pomaka čestica u određenom momentu. U ovom slučaju graf nije "slika" talasa (vidi drugi graf na str. 34).



Grafikon pritiska ili gustoće u funkciji udaljenosti za longitudinalan talas pokazuje sabijanja (zgušnjenja) i razrjeđenja.



● **Kompresije (zgušnjenja).** Oblasti duž **longitudinalnog talasa**, gdje su pritisak i gustoća molekula sredine veći nego kada ne prolazi talas.

● **Razrjeđenja.** Oblasti duž **longitudinalnog talasa** gdje su pritisak i gustoća molekula sredine manji nego kada ne prolazi talas.

*Prigušenje, 16; Medij, 115.

● **Brzina talasa.** Udaljenost koju pređe talas u jednoj sekundi. Ona zavisi od **medija*** kroz koji talas putuje-što je gušći medij to je talas sporiji.

$$\text{Brzina talasa} = \frac{\text{udaljenost koju talas pređe}}{\text{vrijeme}}$$

$$= \frac{\text{broj talasa kroz neku tačku} \cdot \text{talasna dužina}}{\text{vrijeme}}$$

$$= \text{frekvencija} \cdot \text{talasna dužina}$$

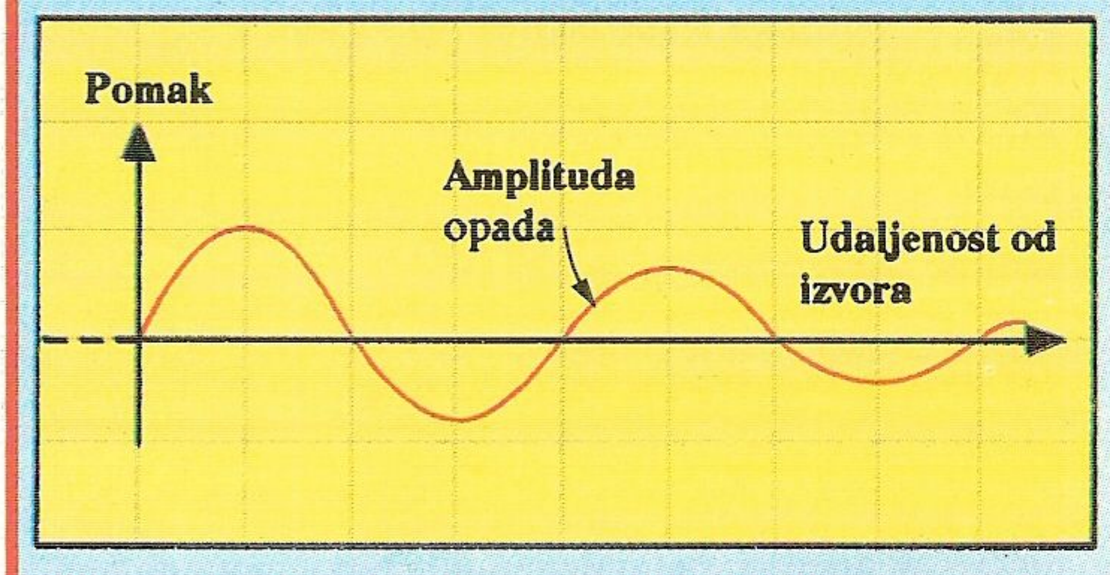
Otuda: $v = f \lambda$

v = brzina, f = frekvencija, λ = talasna dužina

● **Frekvencija (f).** Broj oscilacija koje se izvrše u jednoj sekundi u datoj tački sredine kroz koju prolazi talas (vidi i str.16). Ona je jednaka broju **talasnih dužina** (vidi drugi grafikon str.34) u sekundi.

● **Slabljenje.** Postepeni pad **amplitude** (vidi grafikon na str.34) talasa dok prolazi kroz materijalnu sredinu i gubi energiju. Amplitude oscilacija tačaka koje su udaljenije od izvora su manje od amplituda oscilacija tačaka bližih izvoru. Može se govoriti o potpunom **prigušivanju*** iako se taj termin, u stvari odnosi na postepeno opadanje amplitude oscilacija bilo koje pojedinačne čestice.

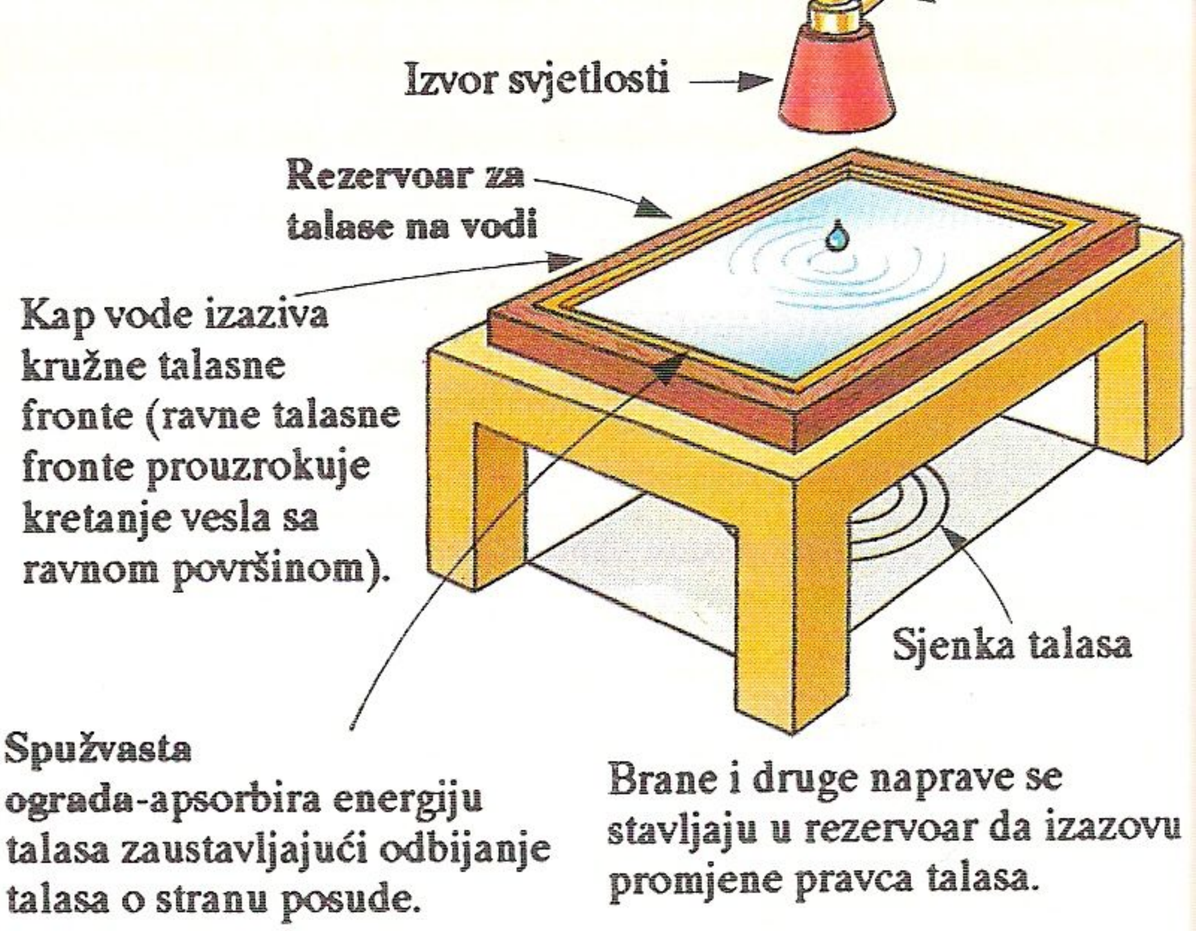
Grafikon koji pokazuje **prigušen** talas



● **Intenzitet talasa.** Mjera energije koju talas nosi. To je energija talasa koja pada na jedinicu površine u sekundi. Zavisi i od **frekvencije** i od **amplitude** talasa.

Odbijanje, prelamanje i difrakcija

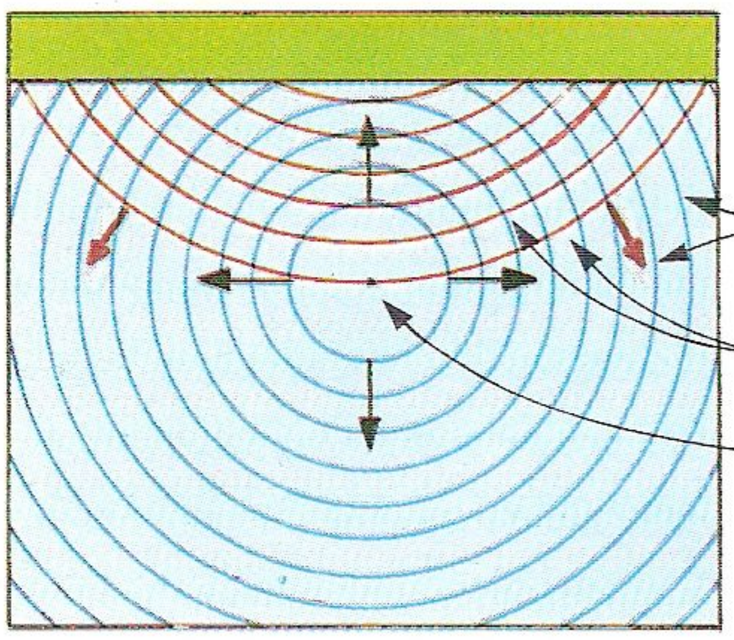
Prepreka ili promjena sredine prouzrokuje **odbijanje, prelamanje** ili **difrakciju** talasa. To su razne vrste promjena pravca talasa i često rezultiraju promjenom oblika **talasnog fronta***. Nešto više o odbijanju i prelamanju svjetlosnih talasa vidi na str.46-53.

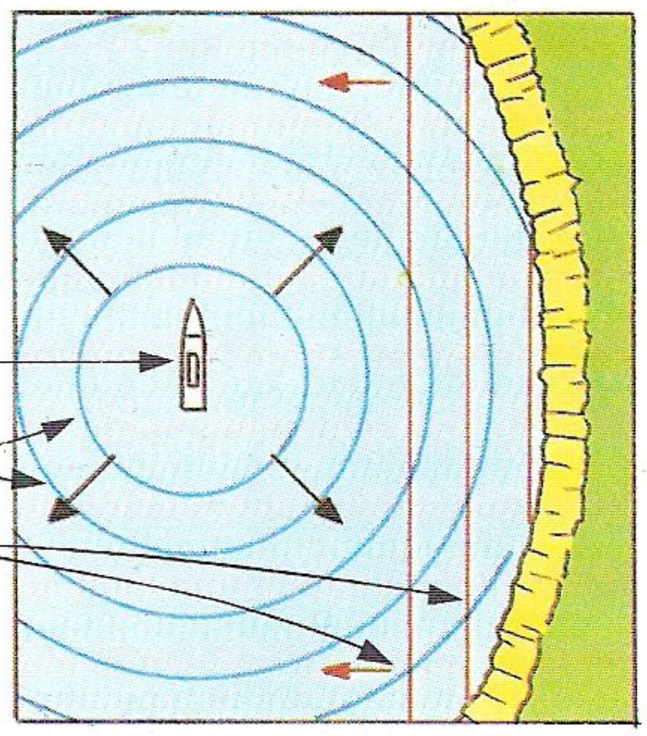


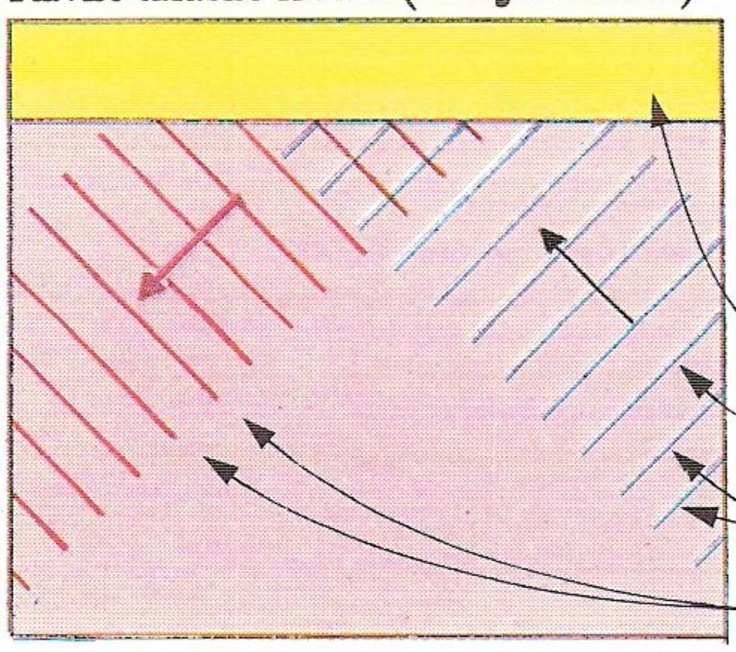
● **Rezervoar za posmatranje talasa na vodi.** Posuda s vodom koja se koristi da se pokažu osobine talasa na vodi.

● **Odbijanje.** Promjena pravca talasa pri udaru u granicu između dva **medija***. Talas koji je pretrpio odbijanje zove se **odbijeni talas.** Oblik njegovih talasnih fronti zavisi od oblika **talasnih fronti upadnog talasa** i od oblika granice. Više o odbijanju vidi na str.46-49.

Primjeri odbijenih talasa







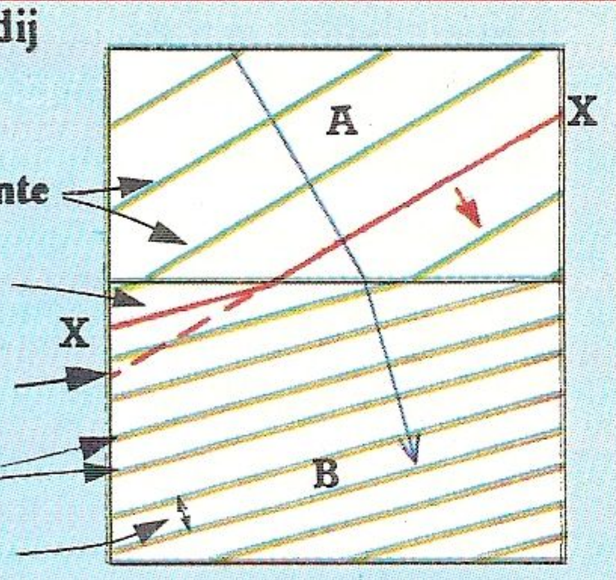
● **Upadni talas.** Talas koji putuje ka granici između dva **medija***. Njegove talasne fronte se zovu **talasne fronte upadnog talasa.**

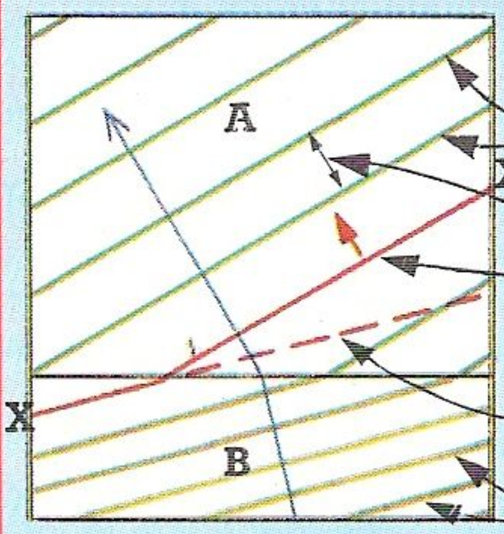
● **Difrakcija.** Savijanje koje se javlja kada talas naiđe na prepreku ili prolazi kroz otvor. Stepen savijanja talasa zavisi od veličine prepreke i otvora u poređenju s **talasnom dužinom***. Što su manji prepreka ili otvor, to se talas više savija.

* **Medij, 115; Talasni front, Talasna dužina, 34.**

● **Prelamanje.** Promjena pravca talasa pri ulazu u novi **medij*** uslijed čega se on prostire drugačijom brzinom. Talas koji je pretrpio prelamanje zove se **prelomljeni talas.** Njegova **talasna dužina*** se povećava ili smanjuje s promjenom brzine, ali nema promjene u **frekvenciji***. Više o prelamanju svjetlosnih talasa vidi str.50-53.

Talasi se prostiru iz medija* A u medij B, npr. talasi na vodi koji se kreću iz dubine ka plićaku.





Talasi koji putuju iz medija B ubrzavaju se u mediju A

Talasne fronte prelomljenih talasa

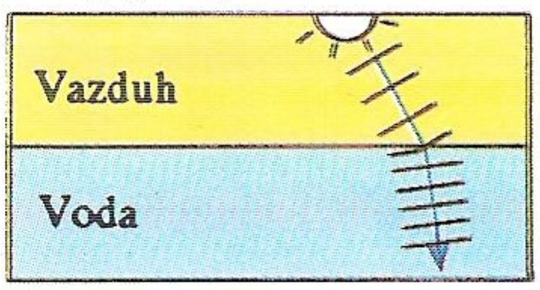
Duže talasne* dužine

Dio talasnog fronta X u novom mediju je brži od dijela koji je još u prvom mediju.

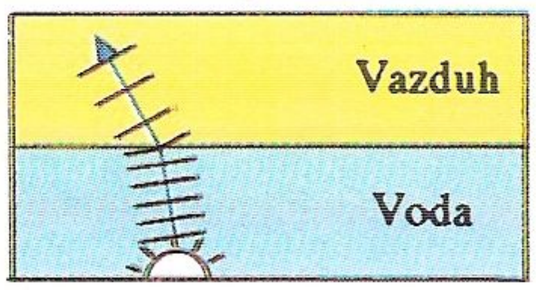
Da nije bilo promjene medija dio bi bio ovdje.

Upadne talasne fronte

Drugi primjeri:



Talasi se usporavaju ulazeći u gušći medij.



Talasi se ubrzavaju ulazeći u rjeđi medij.



Talasi se usporavaju ulazeći u hladniji medij. ▶



(hladniji znači gušći). Talasi su ubrzavaju ulazeći u topliji medij.

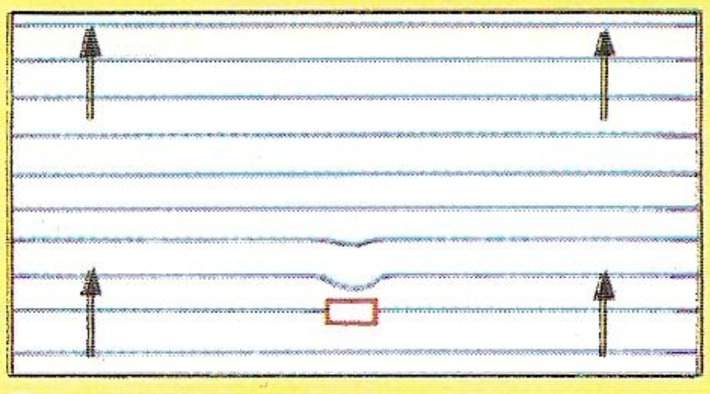
● **Indeks prelamanja (n).** Broj koji pokazuje moć **prelamanja** datog **medija*** u odnosu na prethodni medij. Dobiva se dijeljenjem brzine **upadnog talasa** u prvom mediju sa brzinom **prelomljenog talasa** u datom mediju (koriste se brojevi u indeksu, vidi formulu). **Apsolutni indeks prelamanja** nekog medija je odnos brzine svjetlosti u tom mediju i brzine svjetlosti u vakuumu (ili, općenito, u vazduhu). Više o indeksu prelamanja i svjetlosti vidi str.50.

Ovo znači **indeks prelamanja medija*** 2 u odnosu na medij 1.

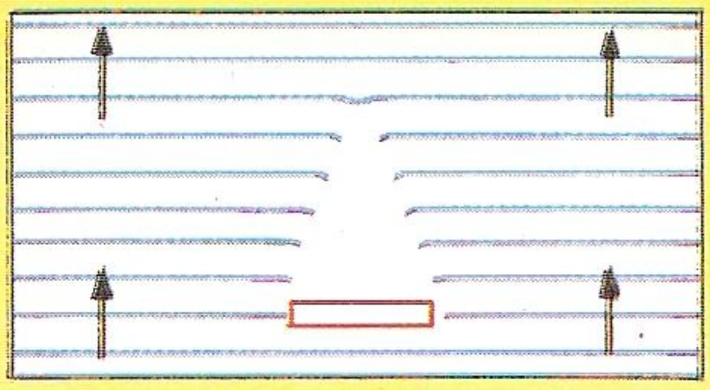
$$ {}_1n_2 = \frac{v_1}{v_2}, $$

gdje su v_1 i v_2 brzine u prvom i drugom **mediju***.

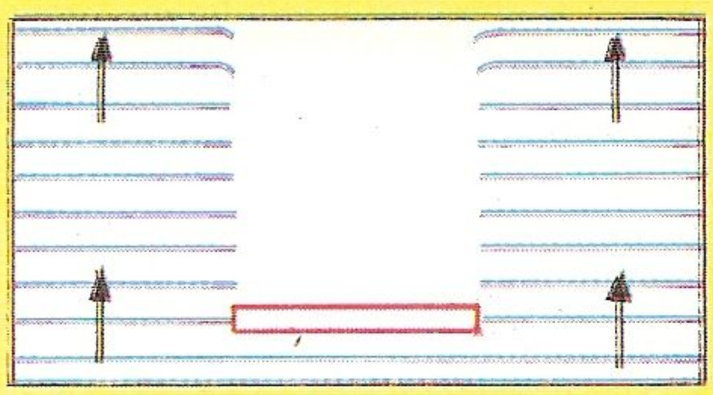
Difrakcija talasa (zvučnih) na kružnoj prepreci



Prepreka je mala u poređenju sa **talasnom dužinom*** (talasna dužina zvuka je oko 2m)-mnogo savijanja, ne formira se "sjenka".

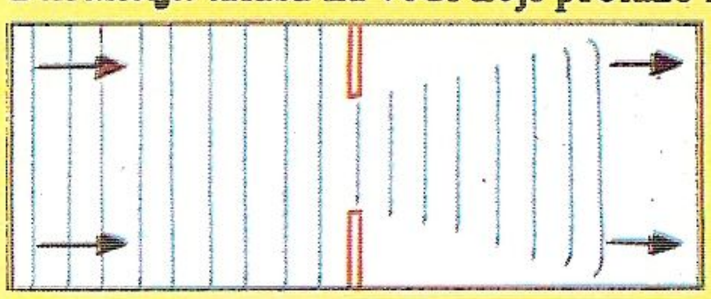


Prepreka je otprilike iste veličine kao i talasna dužina-ima savijanja, formira se mala "sjenka", tj. oblast kroz koju ne prolaze talasi.

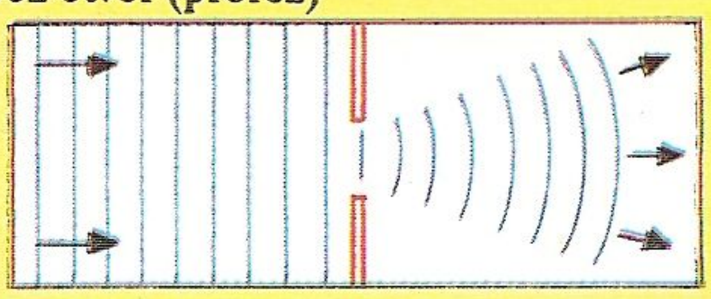


Prepreka je velika u poređenju s talasnom dužinom, pa gotovo nema difrakcije. Formira se velika "sjenka".

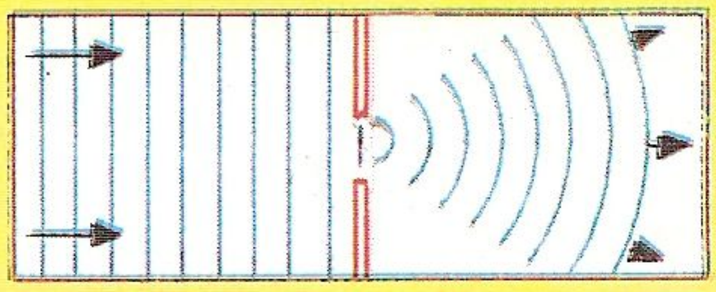
Difrakcija talasa na vodi koji prolaze kroz otvor (prorez)



Otvor je širok u poređenju sa **talasnom dužinom***-mala difrakcija.



Otvor je približno jednak talasnoj dužini-postoji difrakcija.

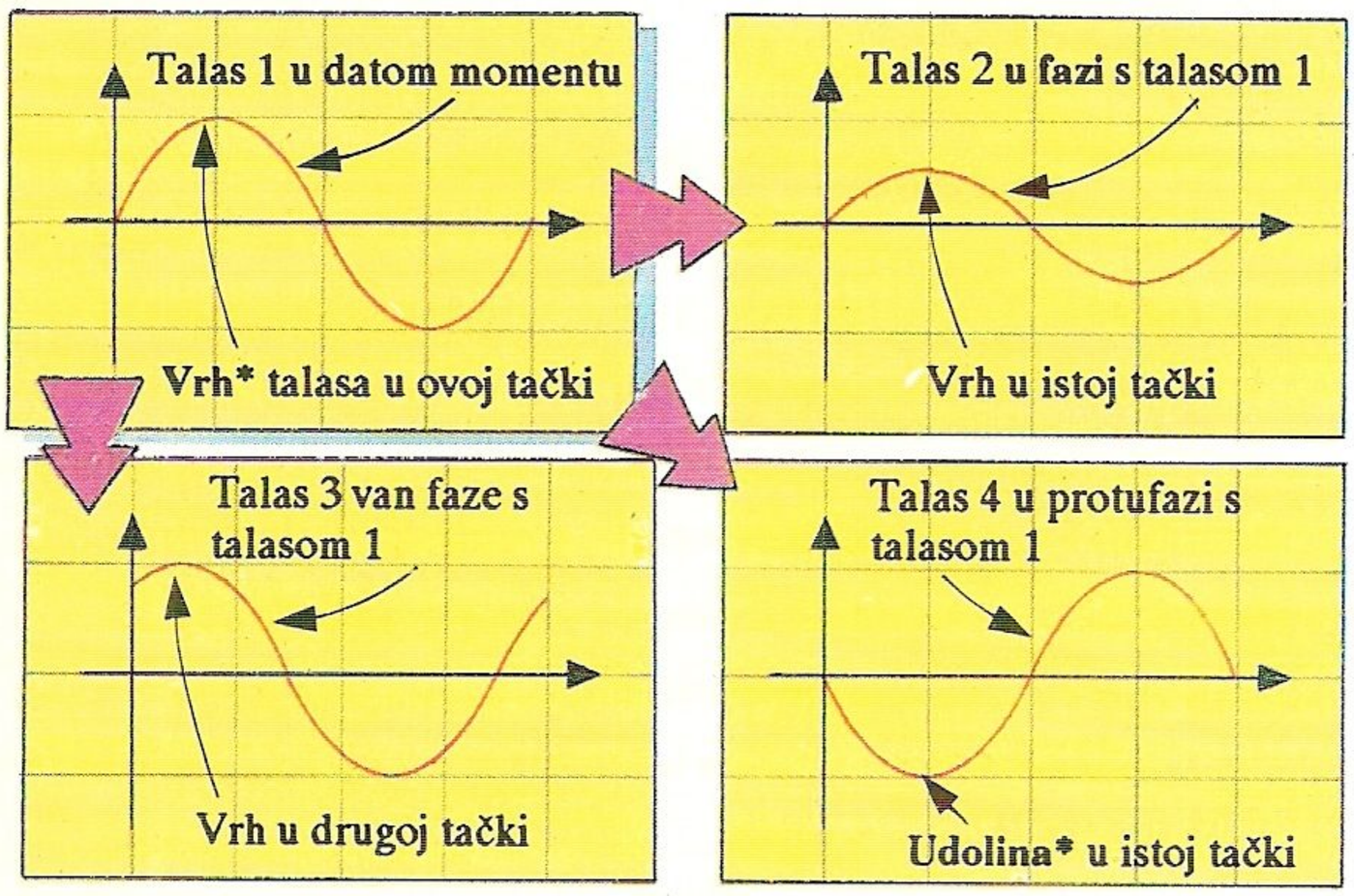


Otvor uzak u poređenju sa talasnom dužinom-difrakcija izražena.

* Frekvencija, 35; Medij, 115; Talasna dužina, 34.

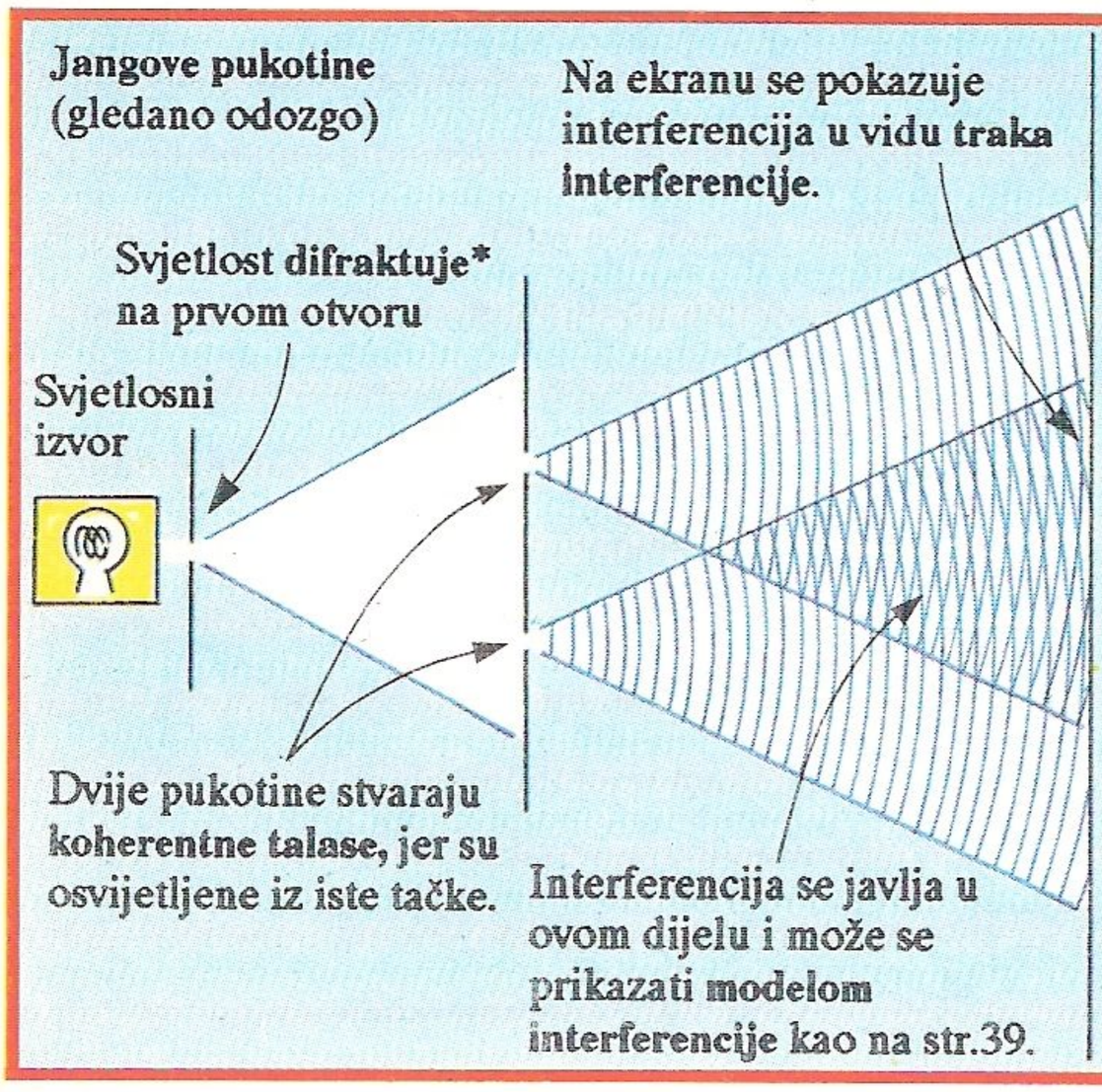
Interferencija talasa

Kada dva ili više talasa putuju u istom ili različitim pravcima u datom prostoru, dolazi do promjene veličine rezultirajućeg poremećaja u tačkama gdje se oni sreću (vidi **princip superpozicije,** str.39).Taj efekat se naziva **interferencija.** Kada se prikazuje interferencija, npr. u opisanom **rezervoaru za talase na vodi***, koriste se izvori koji stvaraju **koherentne talase**, tj. talase sa istom talasnom dužinom i frekvencijom i/ili u **fazi** ili sa konstantnom **razlikom faze** (vidi **faza**). Ovo obezbjeđuje dobivanje pravilne, prepoznatljive **interferentne slike** (vidi sl. str.39). Upotreba nekoherentnih talasa dovela bi do neprestane haotične promjene talasa.





- **Faza.** Dva talasa su u **fazi** ako su iste frekvencije i ako su odgovarajuće tačke u istom stanju oscilovanja (npr. u vrhovima*) u istom trenutku. Ako to nije slučaj, onda su oni **van faze,** odnosno u protufazi ako su njihovi pomaci suprotni (npr. vrh-**udubljenje***). **Fazna razlika** između dva talasa se mjeri kao ugao za koji je tačka na jednom talasu ispred ili iza odgovarajuće tačke na drugom talasu. Za talase koji su u protufazi, fazna razlika je 180°, za talase u fazi 0°.

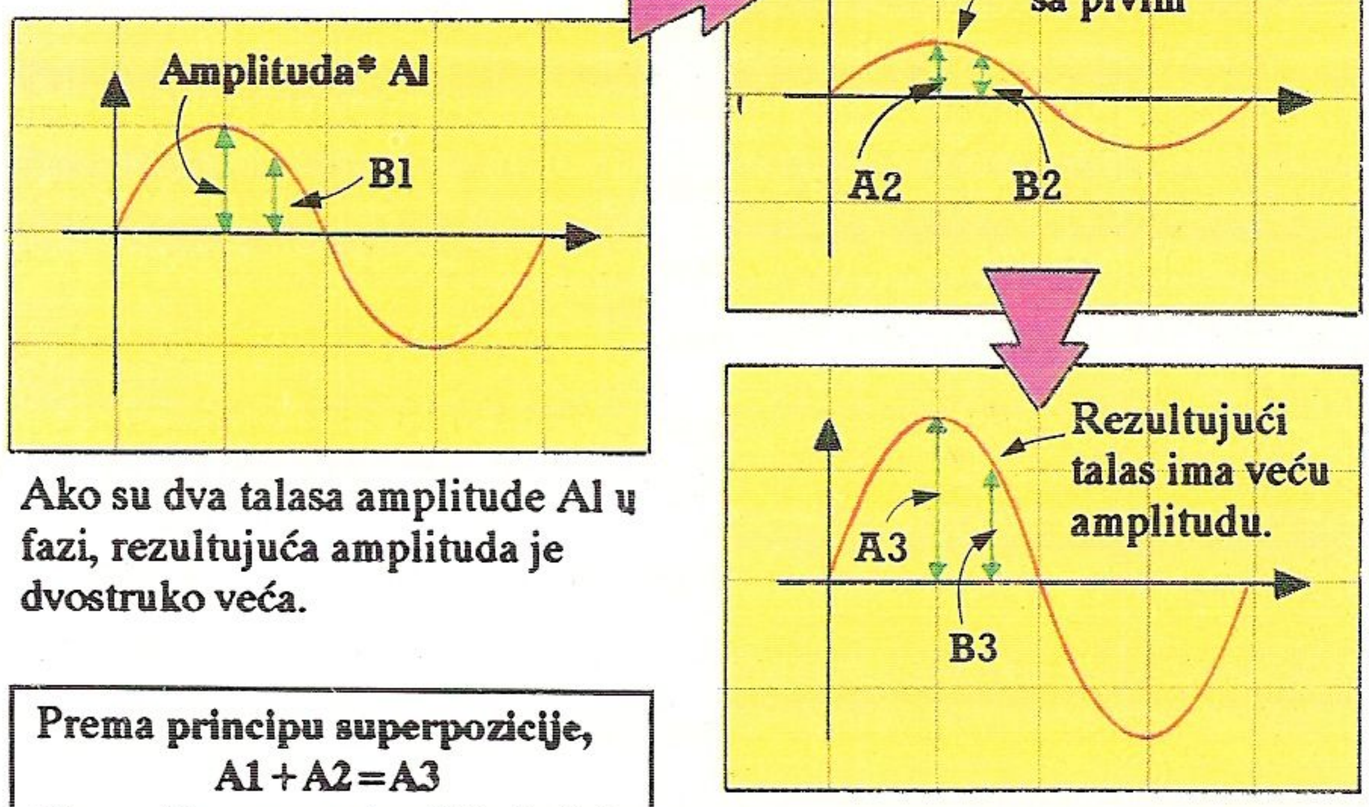


- **Jangove** (Young)**pukotine.** Uske, paralelne pukotine koje se koriste za stvaranje dva izvora **koherentne svjetlosti** (vidi uvod). One su potrebne, jer koherentni svjetlosni talasi ne mogu nastati tako lako kao drugi koherentni talasi, pošto je emitovanje svjetlosnih talasa obično slučajno. Interferencija **difraktovane*** svjetlosti na pukotinama vidi se na ekranu u vidu tamnih i svijetlih pruga koje se zovu **interferentne trake.**

* Vrhovi talasa, 34; Difrakcija, Rezervoar za talase na vodi, 36;Udubljenja talasa, 34.

- **Princip superpozicije.** Kada se dva ili više talasa slažu u nekoj tački (tj. kada se dva ili više talasa sastanu) rezultujući pomak je jednak zbiru pomaka (pozitivnih ili negativnih) pojedinačnih talasa.

Konstruktivna interferencija



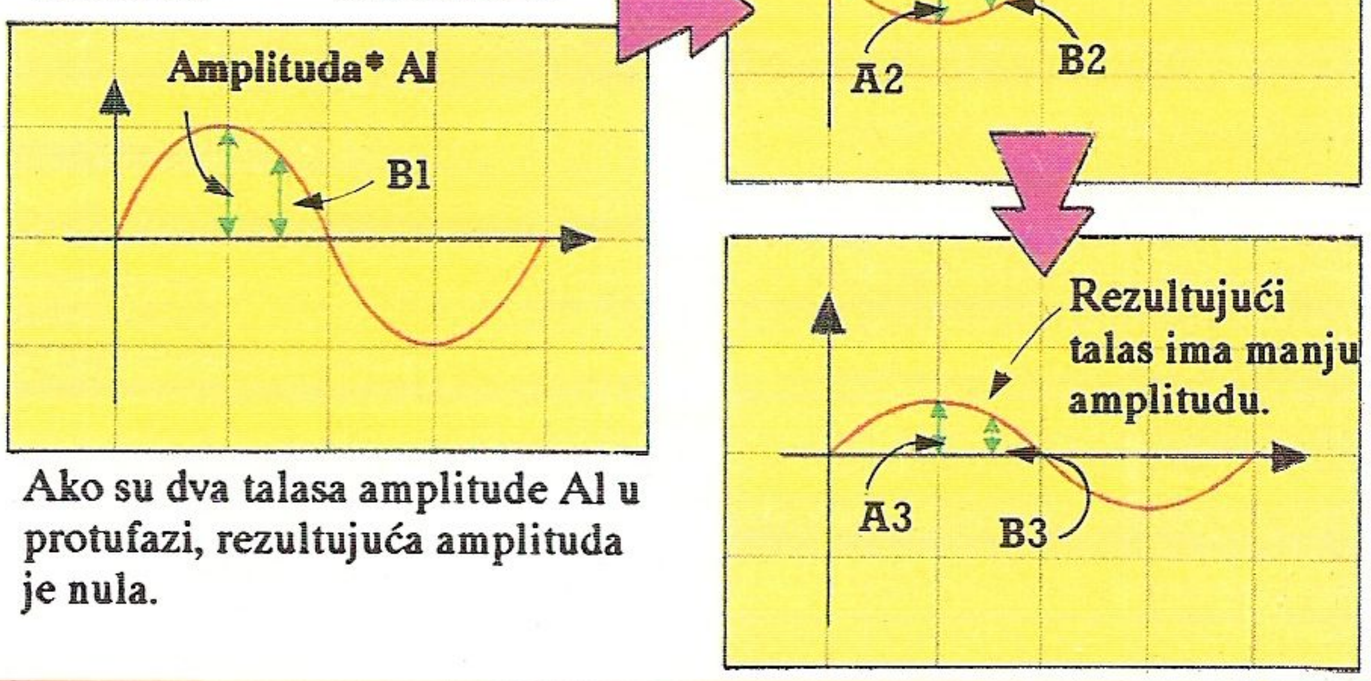
Ako su dva talasa amplitude Al u fazi, rezultujuća amplituda je dvostruko veća.

- **Konstruktivna interferencija.** Porast smetnje (pojačavanje) koji rezultira iz **superpozicije** dva talasa koji su **u fazi** (vidi faza).

Prema principu superpozicije,
A1 + A2 = A3
Ovo važi za pomak u bilo kojoj tački, npr.
B1 + B2 = B3

- **Destruktivna interferencija.** Opadanje smetnje (slabljenje) koje rezultira iz **superpozicije** dva talasa koji su **u protufazi.**

Destruktivna interferencija

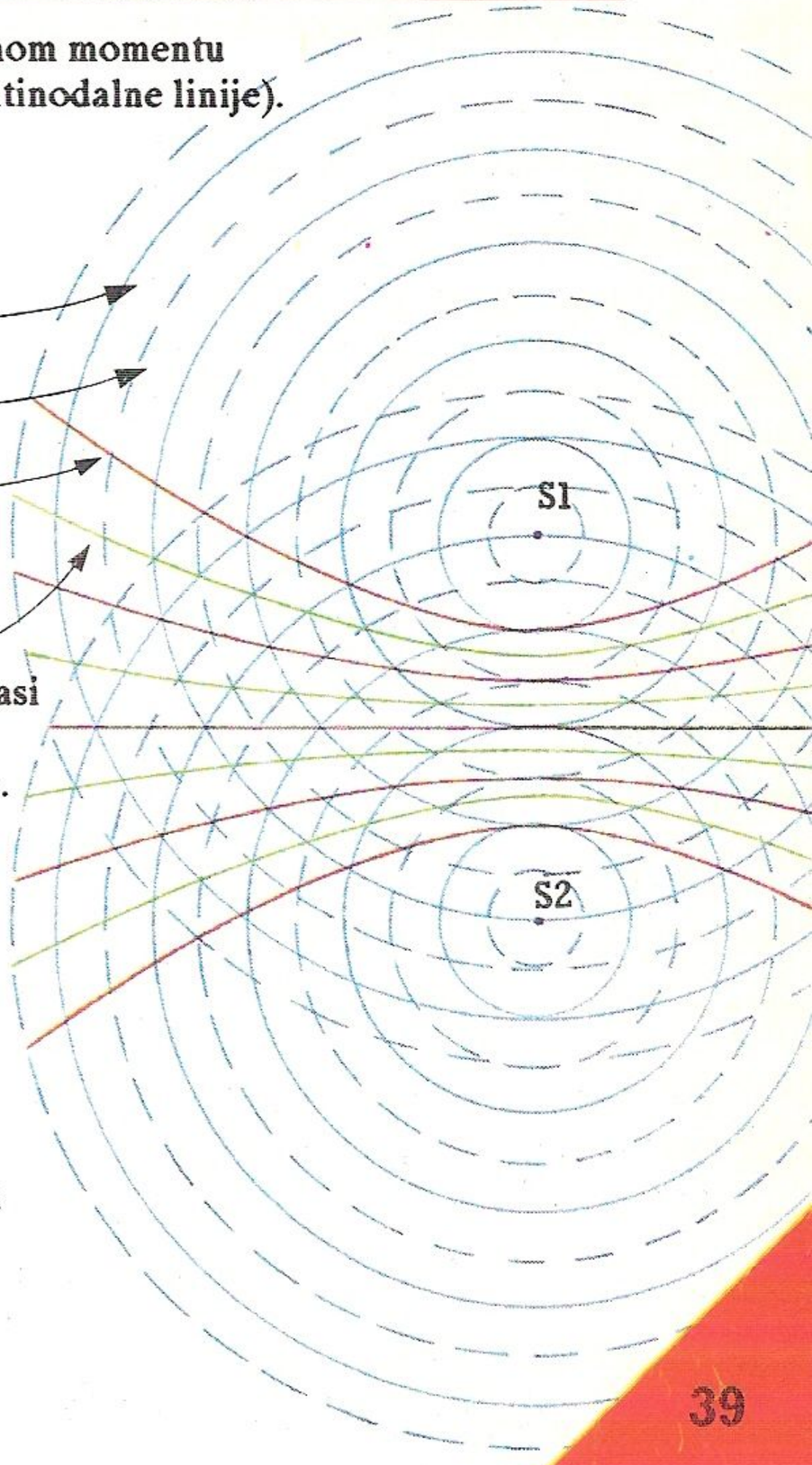


Ako su dva talasa amplitude Al u protufazi, rezultujuća amplituda je nula.

- **Čvorovi ili nodalne tačke.** Tačke u kojima se **destruktivna interferencija** javlja kontinuirano i koje su stoga tačke minimalnih smetnji, tj. tačke u kojima se susreće **vrh*** talasa s **udubljenjem*** ili u kojima se susreću **zgušnjenja*** i **razrjeđenja*. Nodalna linija** je linija koja se sastoji samo iz nodalnih tačaka.

- **Antinodalne tačke.** Tačke u kojima se **konstruktivna interferencija** stalno javlja, i stoga su one tačke maksimalnih smetnji, tj. tačke u kojima se susreću dva **vrha talasa***, dvije **udoline***, dva **zgušnjenja*** ili dva **razrjeđenja*. Antinodalna linija** se sastoji samo od antinodalnih tačaka.

Model interferencije u određenom momentu (nisu prikazane sve nodalne/antinodalne linije).



U zavisnosti od talasa, antinodalnim linijama je pokazano područje uzburkane vode, glasnog zvuka ili jake svjetlosti (vidi sliku Jangovih pukotina, str.38).

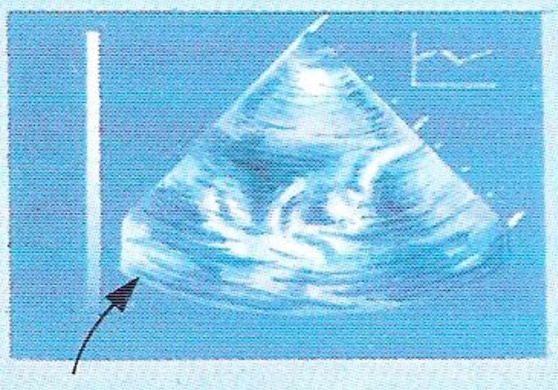
Nodalne linije pokazuju mirnu vodu, blagi zvuk ili mrak (vidi sl. Jangovih pukotina).

* Amplituda, 34; Zgušnjenje, 35; Vrh, 34; Razrjeđenje, 35; Udolina, 34.

Zvučni talasi

Zovu se i **akustički talasi**. To su **longitudinalni talasi*** u kojima čestice osciliraju duž linije kojom talasi putuju, stvarajući oblasti visokog i niskog pritiska (**zgušnjenja*** i **razrjeđenja***). Mogu prolaziti kroz čvrsta tijela, tečnosti i gasove i imaju širok dijapazon **frekvencija***. Talase sa frekvencijama između 20 i 20 000 Hz (**područje zvuka**) može čuti ljudsko uho i oni se obično zovu zvuk (nešto više o percepciji zvuka vidi na str. 42-43). Drugi, s višim ili nižim frekvencijama zovu se **ultrazvuk** i **infrazvuk**. Nauka o ponašanju zvučnih talasa zove se **akustika**.

- **Ultrazvuk.** Zvuk koji se sastoji od **ultrazvučnih talasa** sa **frekvencijom*** iznad dometa ljudskog uha, tj. iznad 20 000 Hz*. Imaju veliku primjenu.



Sken bebe u majčinoj utrobi

Ultrazvuk se koristi prilikom pregleda ljudskog tijela (koristi se eho - vidi str. 41).

Kost, masno tkivo i mišići odbijaju ultrazvučne talase različito. Odbijeni talas (eho) se pretvara u električne impulse koji stvaraju sliku (sken) na ekranu.



- **Infrazvuk.** Zvuk sačinjen od **infrazvučnih talasa** - talasa sa **frekvencijama*** ispod dometa ljudskog uha, tj. ispod 20 Hz*. Danas se oni koriste malo u tehničke svrhe, jer mogu biti bolni za ljude.

Ponašanje zvučnih talasa

- **Brzina zvuka.** Brzina kojom se kreću zvučni talasi. Ona zavisi od vrste i temperature **medija** * kroz koji talasi prolaze. Brzina zvučnog talasa u suhom vazduhu pri 0° C je 331 ms^{-1}, ali ona raste ako raste temperatura vazduha.

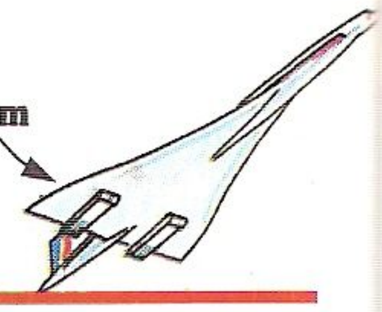
- **Subsonična brzina.** Brzina ispod **brzine zvuka** u istom **mediju*** i pod istim uslovima.

- **Supersonična brzina.** Brzina iznad **brzine zvuka** u istom **mediju*** i pod istim uslovima.

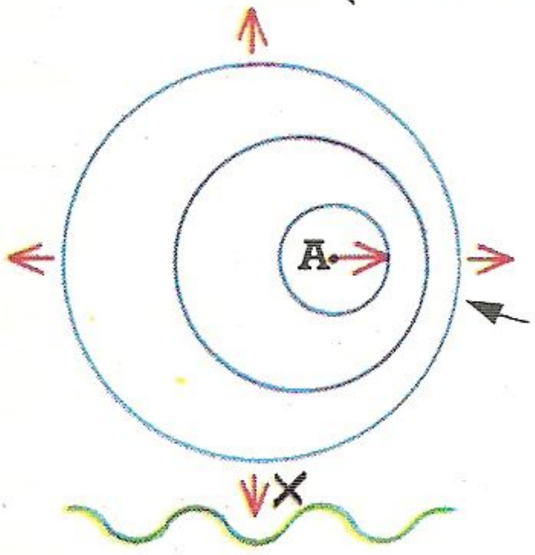


Običan avion putuje **subsoničnom brzinom.**

Konkord leti **supersoničnom brzinom.**

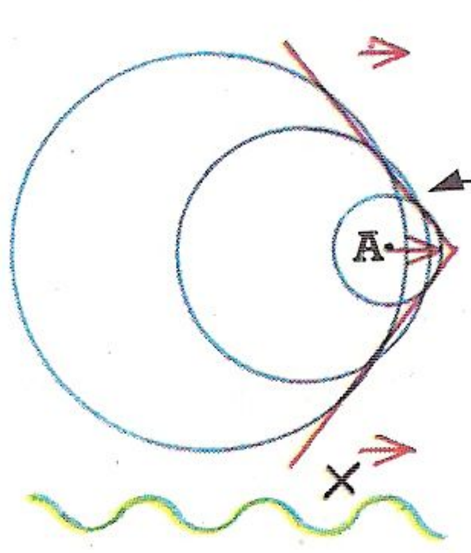


- **Zvučni udar.** Glasan zvuk pri **udarnom talasu** (vidi desno), koji se stvara kada avion koji se kreće **supersoničnom brzinom** prolazi pored slušaoca.



Avion (A) leteći naprijed stvara **longitudinalne talase*** u vazduhu, tj. oblasti visokog i niskog pritiska (**kompresije*** i **razrjeđenja***).

Talasne fronte* mogu "otići" od aviona i početi da se rasipaju. Slušalac će u tački X čuti zvučne talase ("zvižduk" vazduha - kao i poseban zvuk motora).

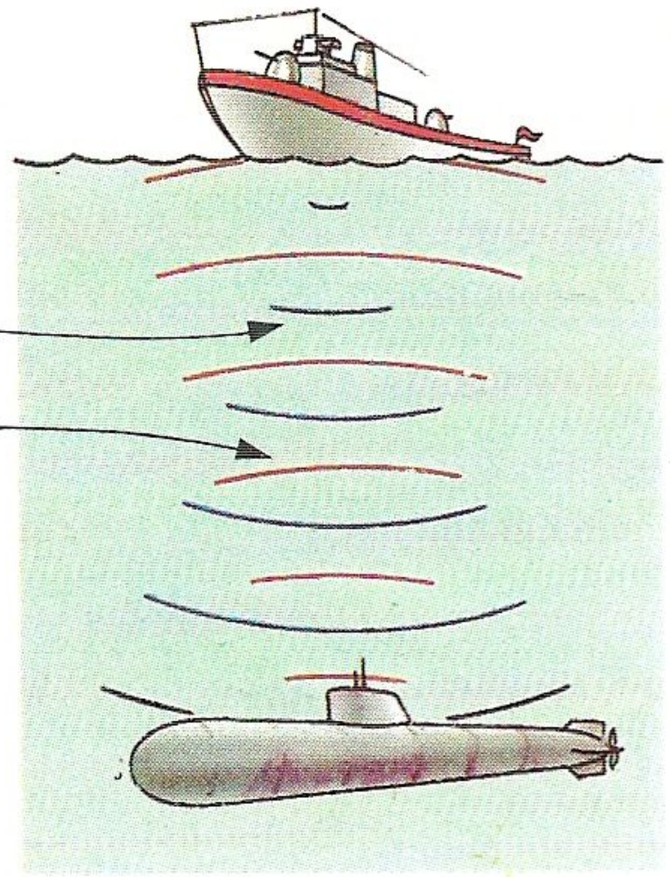


Supersonični avion (A) prestiže talasne fronte stvarajući nove, te se one preklapaju.
Izaziva visok pritisak (udarni talas) koji biva potiskivan ispred aviona i koji ne može "otići", kao lučki talas koji izaziva brod (ako putuje brže od talasa koje stvara oko sebe).

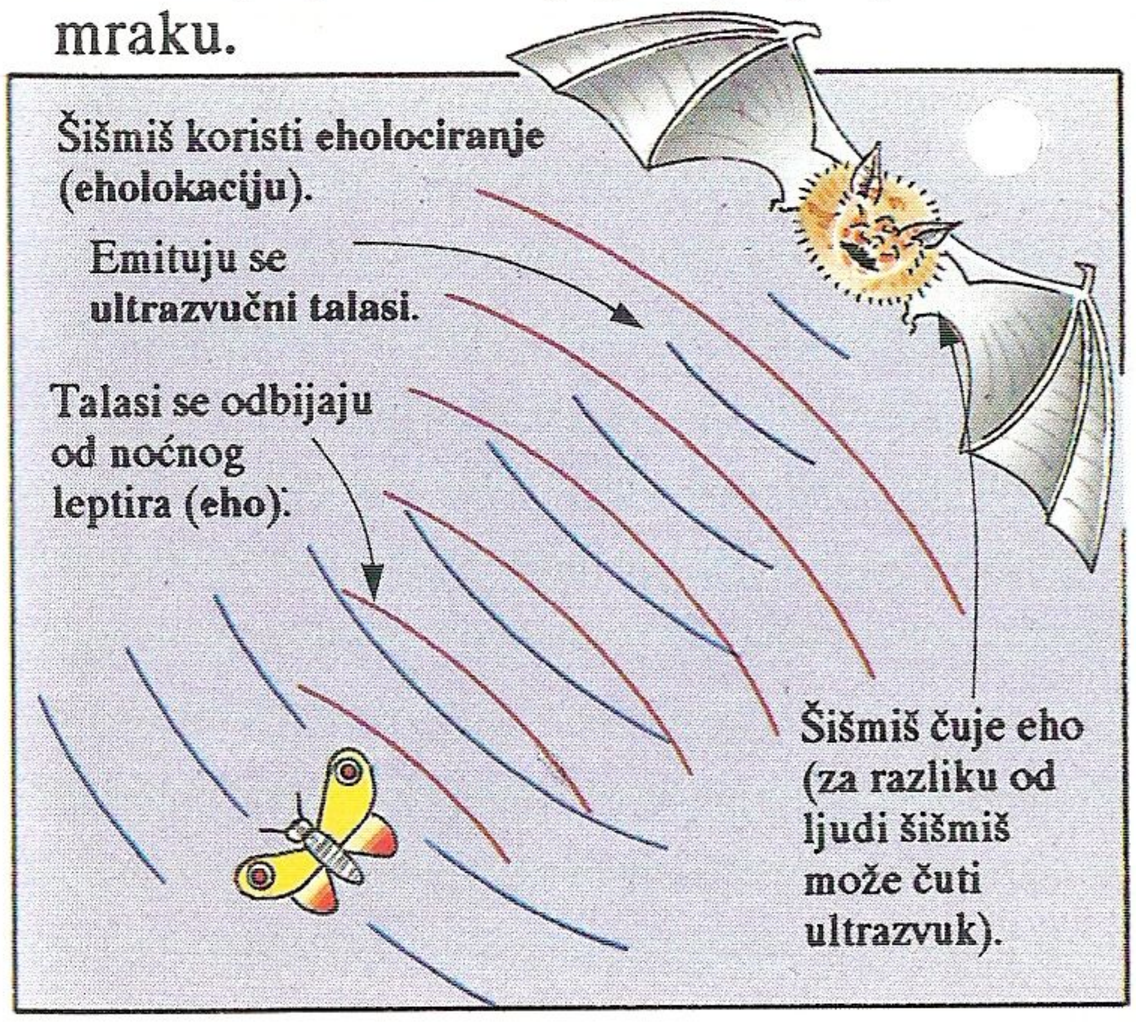
Slušalac će u tački X čuti talase kao iznenadni glasni zvučni udar.

*Kompresije, Frekvencija, 35; Herc (Hz), 16 ; (Frekvencija) ; Longitudinalni talasi, 35; Medij, 115 ; Razrjeđenja, 36; Talasni front, 34.

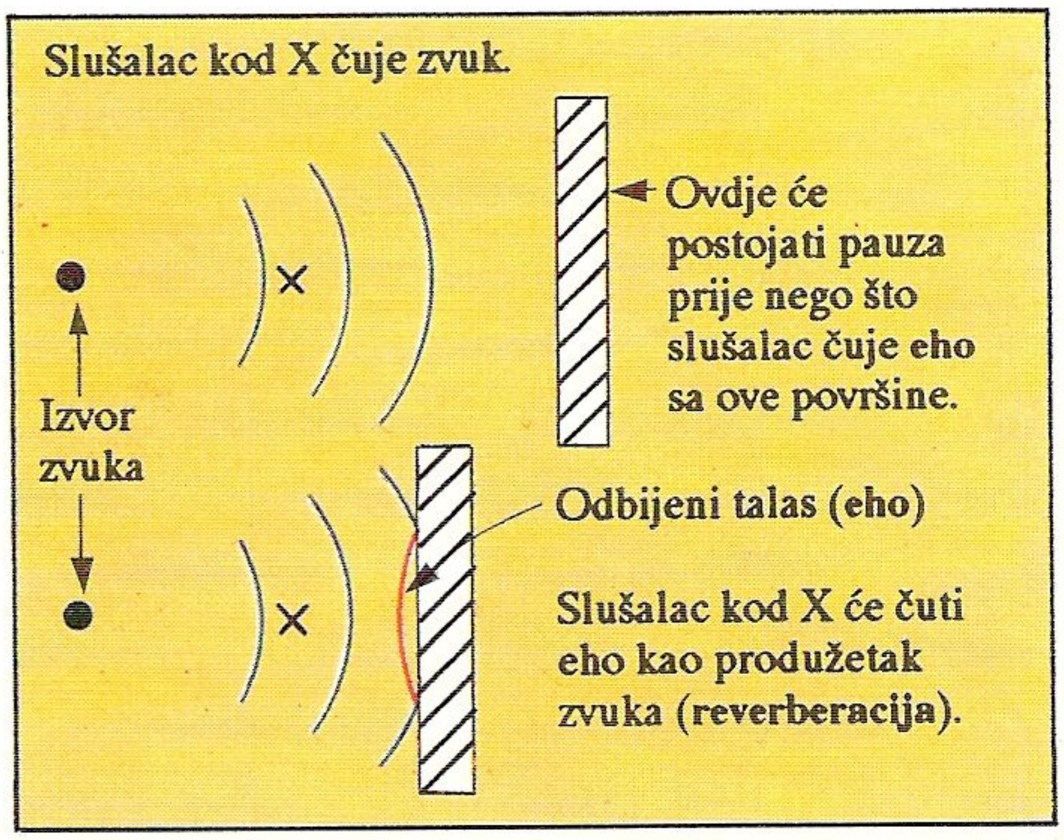
● **Eho.** Zvučni talas koji je odbijen od neke površine i koji se čuje nakon prvobitnog zvuka. Eho **ultrazvučnih talasa** se često primjenjuje za lociranje objekata i određivanje njihovog tačnog položaja (mjerenjem vremena koje je potrebno da se eho vrati izvoru). Ova tehnika ima nekoliko naziva. Svaki je upotrijebljen u nešto drugačijem kontekstu, ali razlike među njima su nebitne.



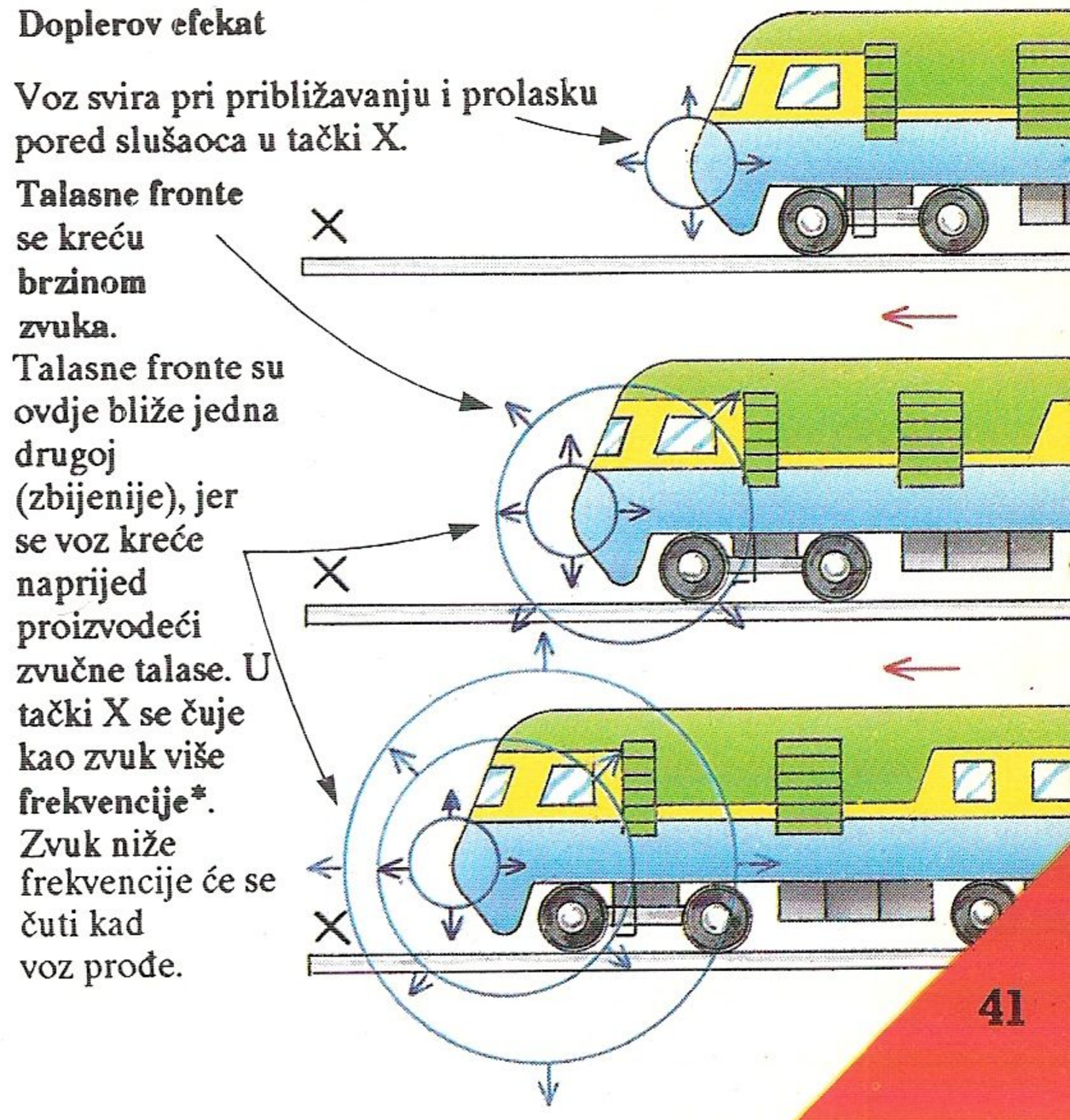
● **Ultrazvučno skeniranje** (vidi str. 40) je jedna od tehnika primjene ultrazvuka. Druge su **eho - zvuk** i **sonar** - ove dvije su uključene u pomorsku terminologiju (ispitivanje pomoću eha odnosi se na ispitivanje dubine vode ispod broda, sonar za otkrivanje objekata pod vodom). **Lociranje pomoću eha (eholokacija)** obično označava način na koji životinje nalaze plijen ili izbjegavaju prepreku u mraku.



● **Reverberacija.** Efekat prividnog zadržavanja zvuka duže nego što on u stvari traje. Javlja se kada je vrijeme potrebno da se **eho** vrati izvoru tako kratko da prvobitni i odbijeni talas ne mogu da se razlikuju. Ako se talas odbija od više površina, onda se eho još pojačava.



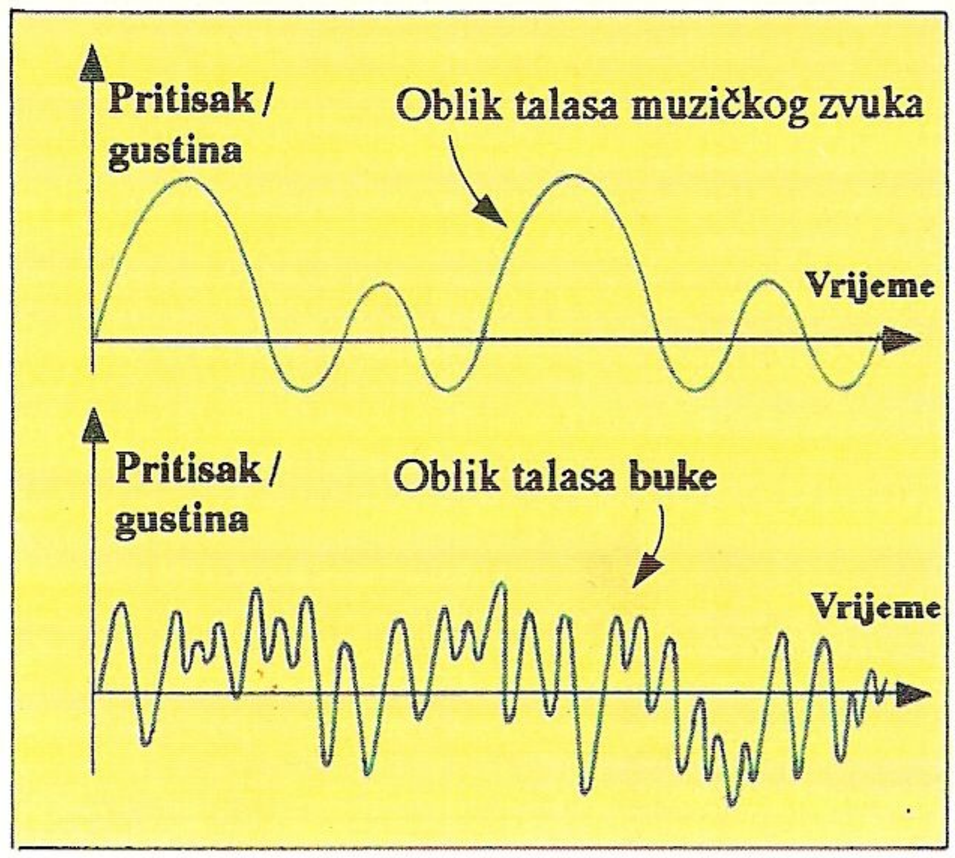
● **Doplerov** (Ch. Doppler) **efekat.** Promjena **frekvencije*** zvuka koja se čuje kada se ili izvor ili slušalac kreću jedan u odnosu na drugog. Ako se udaljenost između njih smanjuje, čuje se viša frekvencija zvuka u odnosu na onu koju emituje izvor. Ako se udaljenost povećava, čuje se niža frekvencija zvuka.



*Frekvencija, 35; Talasni front, 34.

Percepcija zvuka

Zvuci koje uho čuje mogu biti prijatni i neprijatni. Ako se oblik **zvučnog talasa** ravnomjerno ponavlja (vidi str. 40 -41), zvuk je obično prijatan. Ako je nepravilan i ne ponavlja se, zvuk je okarakterisan kao **buka.** Svaki zvuk karakteriše **jačina i visina.** Mnogi, naročito muzički zvuci (tonovi) proizvedeni su **stojećim talasima.**

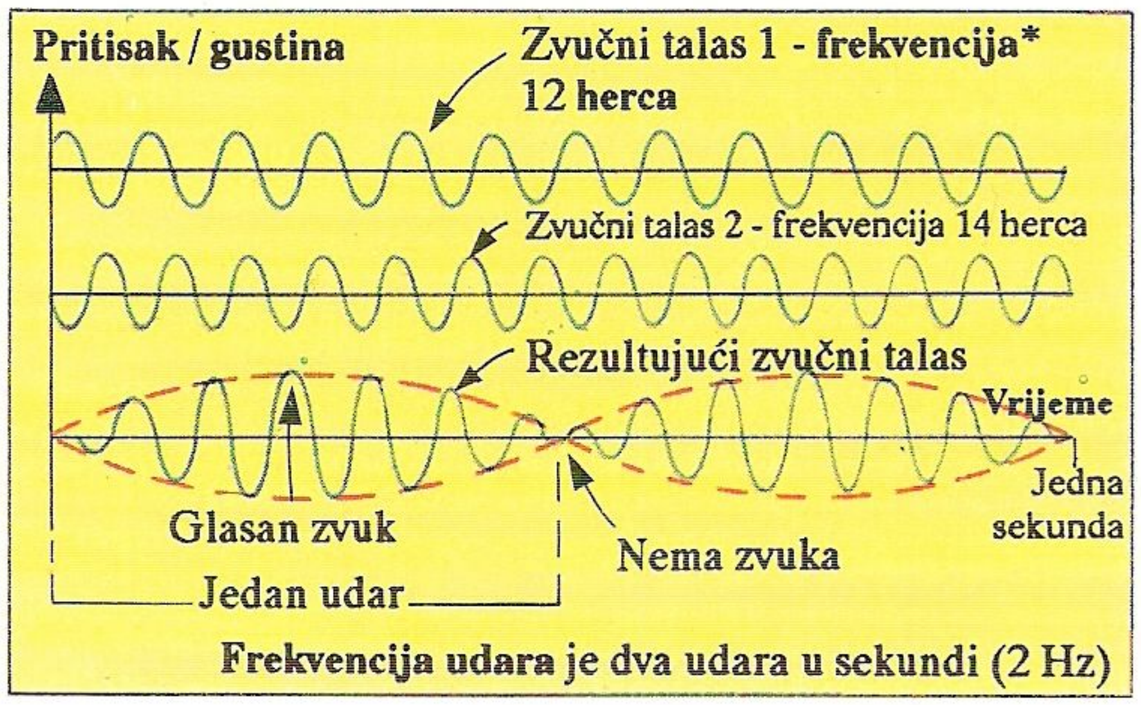




- **Jačina zvuka (glasnoća).** Obim senzacija koje proizvodi zvučni talas koji dopire do uha. On je subjektivan, zavisi od osjetljivosti uha, ali direktno zavisi i od **intenziteta talasa***. Najčešće se mjeri u **decibelima (dB)**, ali još tačnije, **fonima** (ovi uzimaju u obzir i činjenicu da uho nije podjednako osjetljivo na zvukove svih **frekvencija***).

- **Visina zvuka.** Subjektivna karakteristika zvuka ovisi o **frekvenciji*** zvučnog talasa kojeg prima uho. Visoki zvuk ima visoku frekvenciju, niski nisku frekvenciju.

- **Udari.** Pravilne izmjene **jačine** zvuka u vremenu koje se čuju kada se dva zvuka bliskih **frekvencija*** čuju zajedno. To je rezultat **interferencije*** dva talasa. **Frekvencija udara** je jednaka razlici frekvencija ova dva zvuka (vidi sliku). Što je ova razlika frekvencija manja to su udari sporiji.

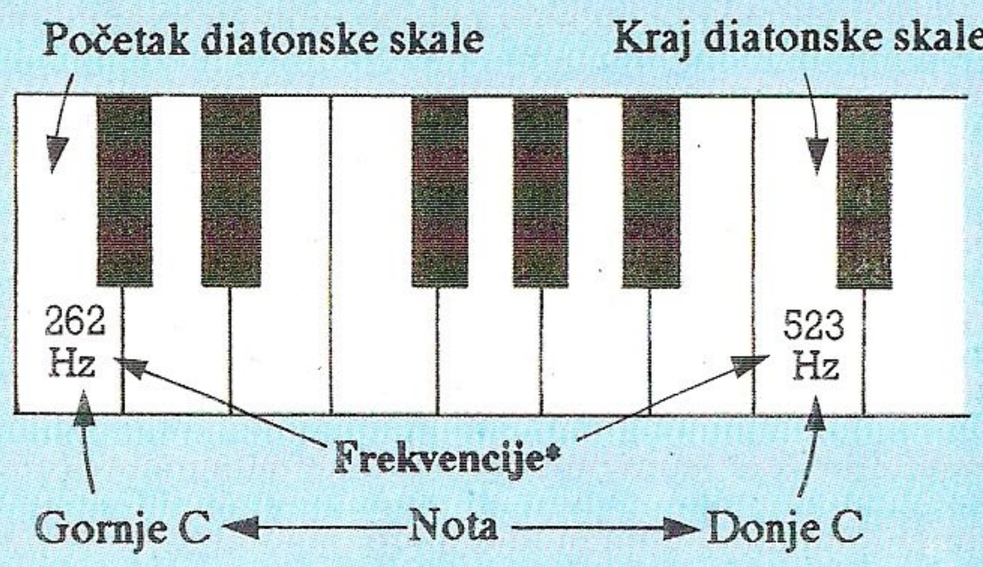


Frekvencija udara je dva udara u sekundi (2 Hz)

Muzički zvuci

Muzika se bazira na nekoj vrsti **muzičke skale.** To je niz **nota** (zvuci specifične **visine**) uređenih od niskih do visokih tonova, s izvjesnim **intervalima** između njih (muzički interval je više pauza u **frekvenciji*** nego u vremenu). Note su tako poredane da se može dobiti maksimalan broj prijatnih zvukova. Ono što se smatra prijatnim zvukom zavisi od kulture - istočnjačka muzika se bazira na drugačijoj skali od zapadnjačke.

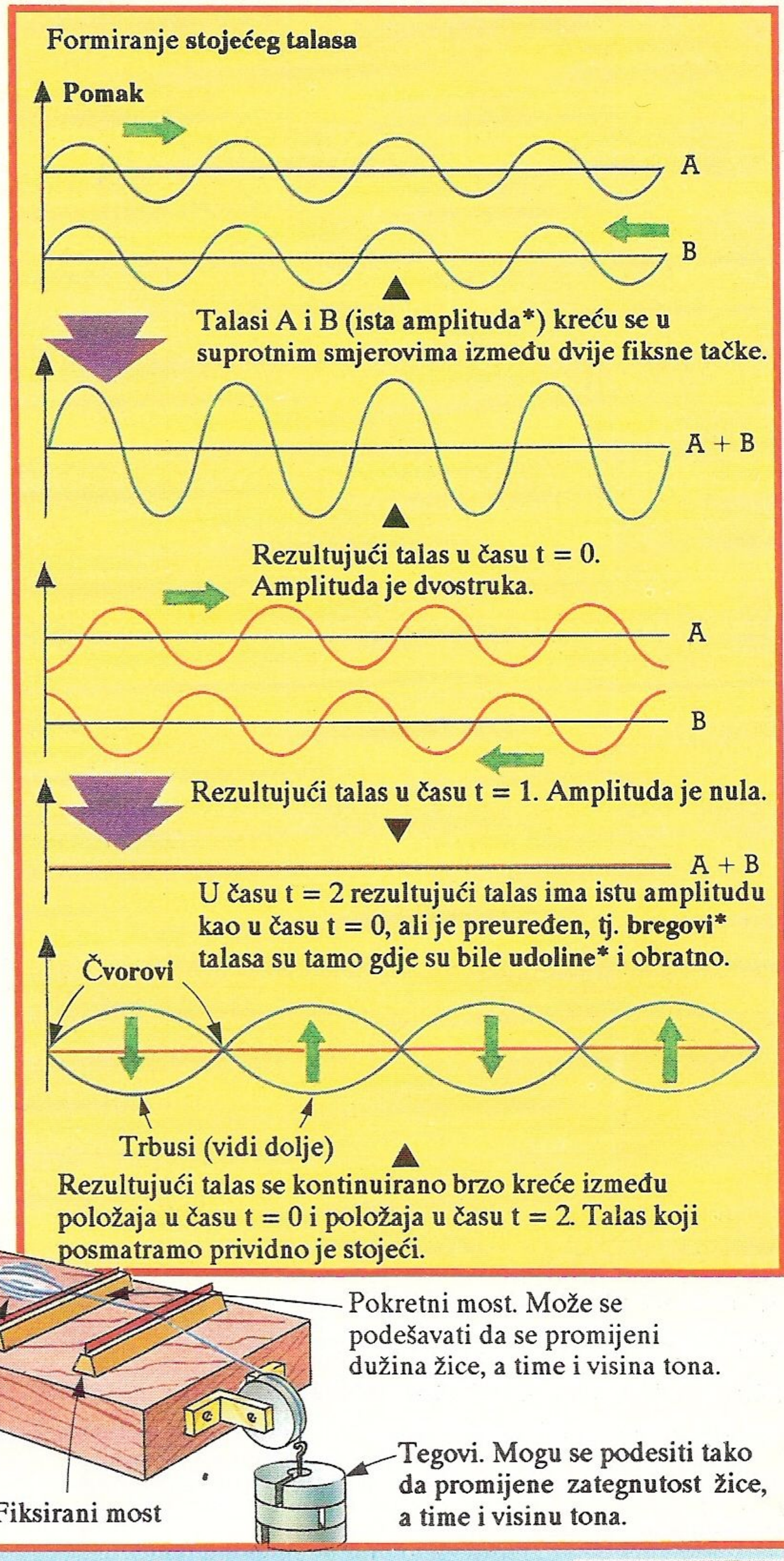
Zapadnjačka muzička skala se bazira na diatonskoj skali - sastoji se od 8 nota (bijele tipke na klaviru) u rasponu od niskog do visokog C.

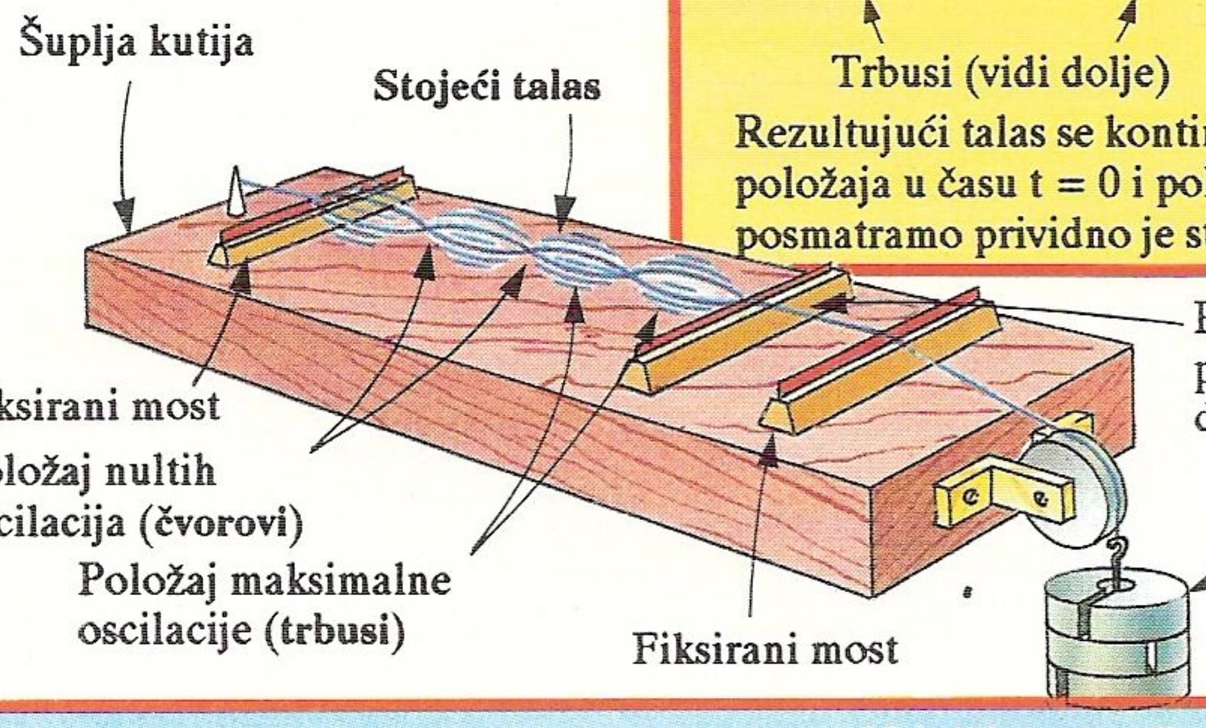


Crne tipke daju tonove frekvencije* između frekvencija nota u diatonskoj skali. Zajedno sa njima one formiraju hromatsku skalu.

*Frekvencija, 35; Interferencija, 38; Intenzitet talasa, 35.

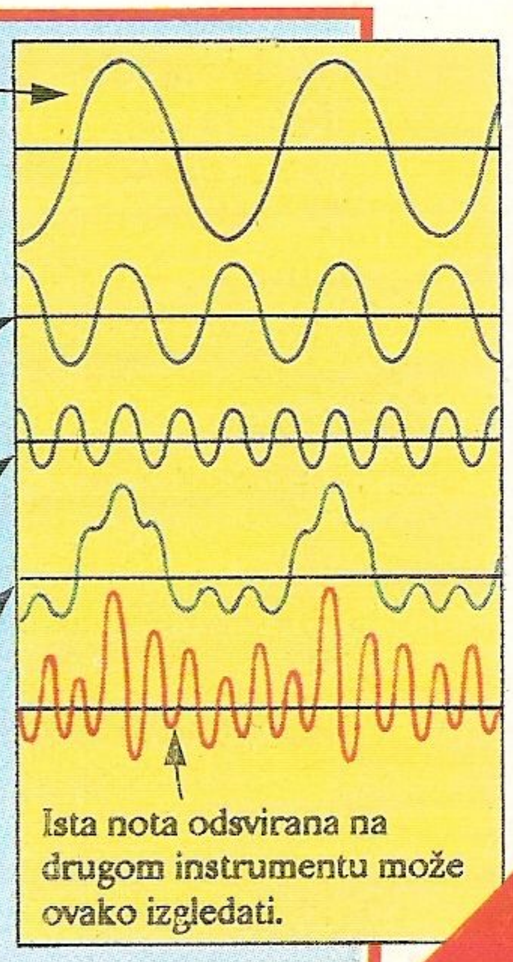
- **Stacionarni ili stojeći talas.** Talas koji se prividno ne kreće. To u stvari nije pravi talas, nego je sačinjen od dva talasa iste brzine i **frekvencije*** koji se neprekidno kreću u suprotnim smjerovima između dvije utvrđene tačke (najčešće dva kraja žice). Ponovljeno prolaženje talasa rezultira **interferencijom***. Kada su talasi u **fazi***, rezultujuća **amplituda*** je velika, ako su **van faze***, mala ili nula. U izvjesnim tačkama (**čvorovi**) ona je uvijek nula. Amplituda i frekvencija stojećeg talasa na komadu žice određuju amplitude i frekvencije zvučnih talasa koje on prouzrokuje u vazduhu - dužina i nategnutost žice određuju raspon frekvencija, pa otud i visinu proizvedenog zvuka.





Sonometar. Sprava koja se upotrebljava da prikaže stojeće talase. Kada se povuče, žica osciluje i zvučna kutija pojačava zvuk nastao oscilovanjem.

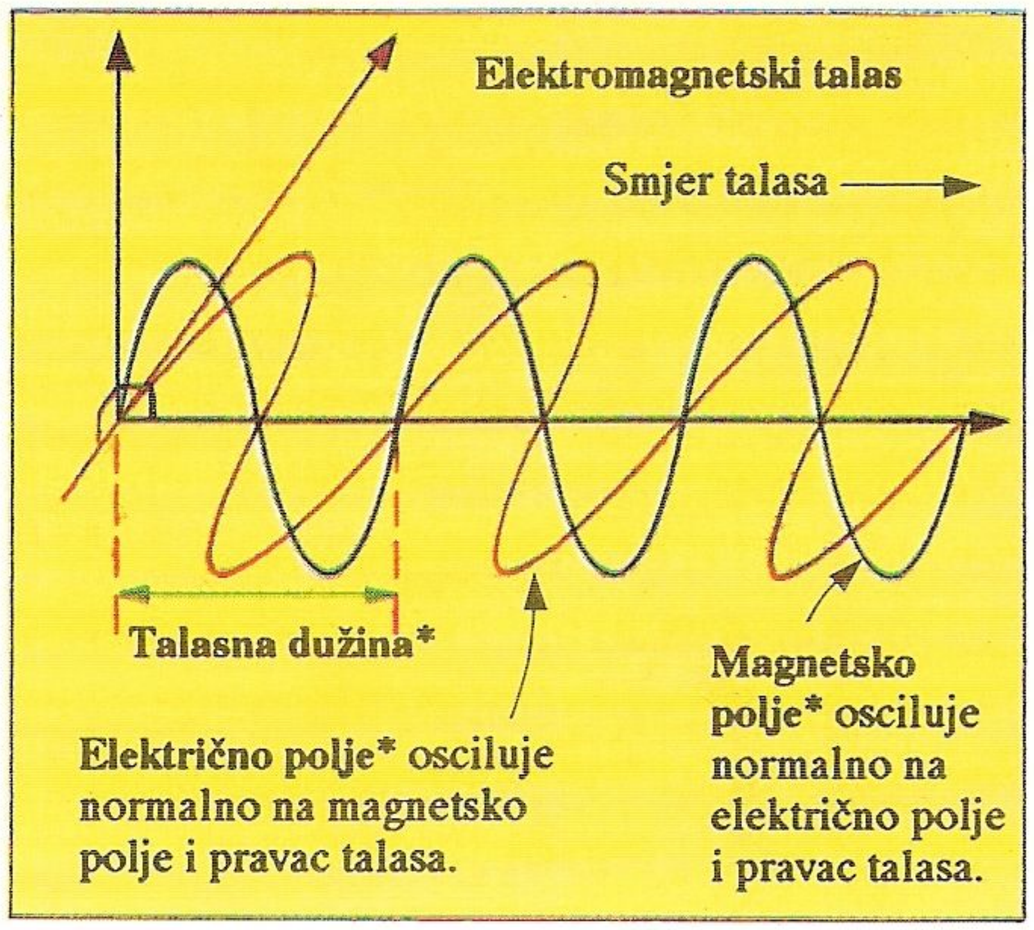
- **Tipovi (modovi) vibracija.** Ista nota odsvirana na različitim instrumentima, iako prepoznatljiva kao jedna te ista, ima različit kvalitet zvuka karakterističan za taj instrument (tembr). Razlog ovom je sljedeći: iako je glavna najjača vibracija ista za svaku notu na bilo kom instrumentu (njena **frekvencija*** je **osnovna frekvencija**), vibracije drugih frekvencija (**viši tonovi**) proizvode se istovremeno. Skup vibracija specifičan za neki instrument čini njegove modove oscilovanja.



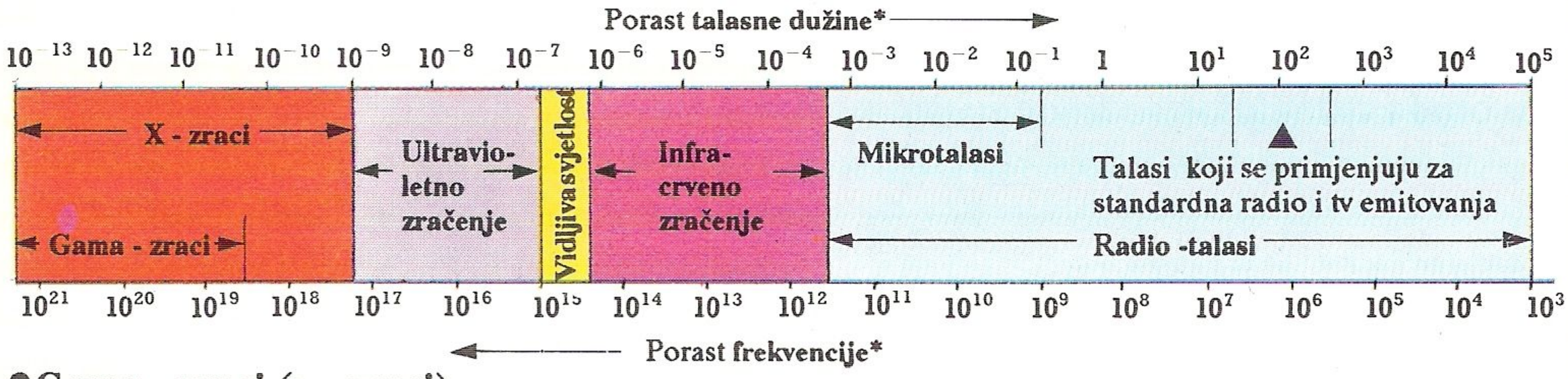
*Amplituda, Bregovi, 34; Frekvencija, 35; U fazi, 38 (Faza), Interferencija, 38; Van faze, 38; Udoline 34.

Elektromagnetski talasi

Elektromagnetski talasi su **transverzalni talasi*** koji se sastoje od oscilirajućih **električnih** i **magnetskih polja***. Imaju širok raspon **frekvencija***, mogu prolaziti kroz sve **medije***, uključujući i vakuum. Kada bivaju apsorbovani, izazivaju porast temperature (vidi **infracrveno zračenje**). **Radio - talasi** i neki **X - zraci** emituju se kad se slobodni **elektroni*** ubrzavaju ili usporavaju. Svi drugi tipovi nastaju kad se elektroni kreću između ljusaka (vidi str. 85). Svi izuzev radio-talasa se javljaju kao impulsi bez reda, zvani **fotoni** (vidi **kvantna teorija** str. 85.), a ne kao kontinuirani tok.



Elektromagnetski spektar (raspon elektromagnetskih talasa). Pet glavnih dijelova su **zone talasa**, tj. određeni raspon **frekvencija*** i **talasnih dužina*** unutar kojih svi talasi imaju iste karakteristične osobine.

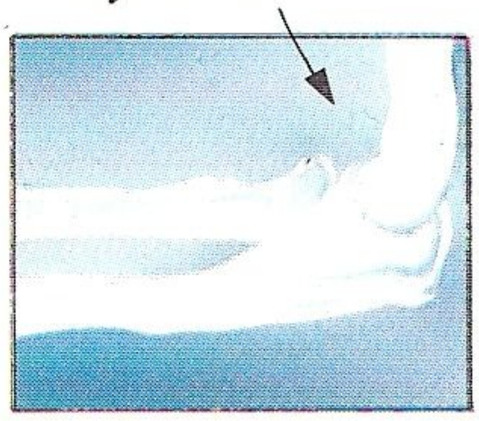


● **Gama - zraci** (γ **- zraci**). Elektromagnetski talasi koje emituju **radioaktivne*** supstance (vidi i str. 86). Oni su u istoj **talasnoj zoni** i imaju iste osobine kao X - zraci,ali su nastali na drugi način i imaju najveću energiju.

● **X - zraci** ili **rendgenski zraci**. Elektromagnetski talasi koji **jonizuju*** gasove kroz koje prolaze uzrokuju **fosforescenciju** i dovode do hemijskih promjena na fotografskim pločama. Proizvode ih cijevi za X - zrake (**rendgenske cijevi***). Oni imaju mnogostruku primjenu.

X - radiografija. Daje slike (**radiogram**) unutrašnjosti tijela. X - zraci prolaze kroz tkivo, ali ih kosti (veća gustina) apsorbuju, te na filmu izgledaju kao neprozirni.

Ljudski lakat

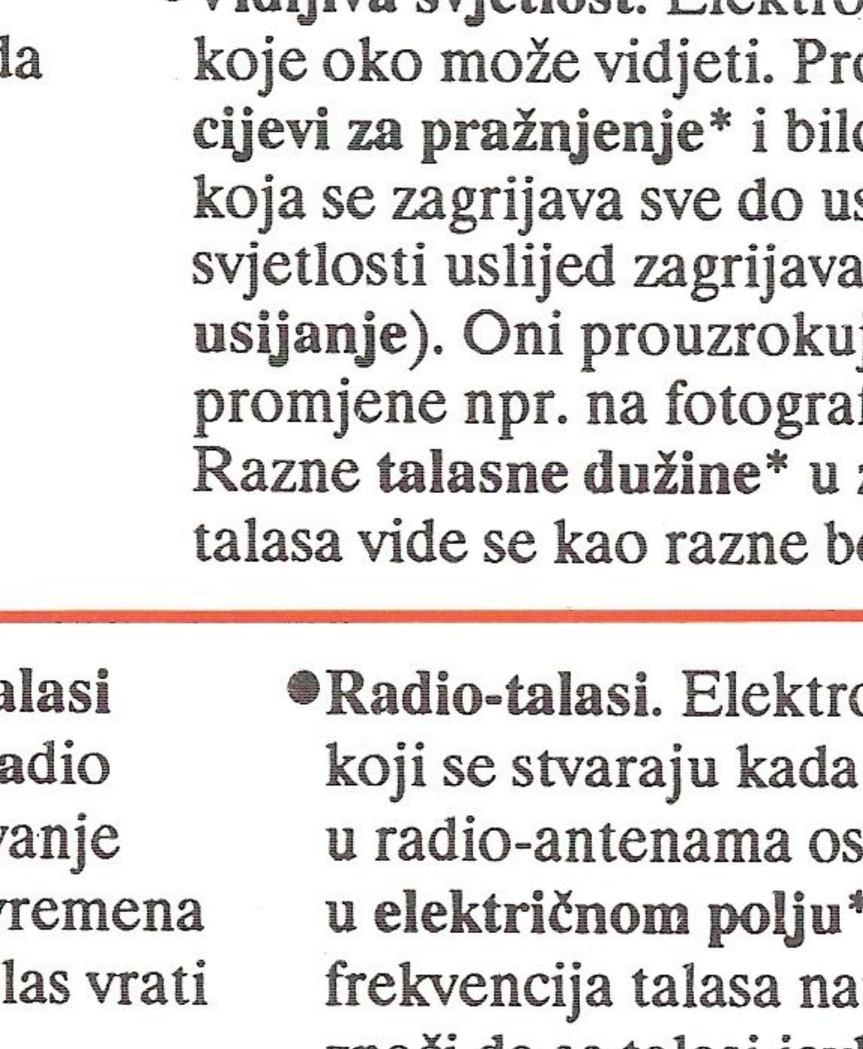


● **Ultravioletno zračenje** (UV **zračenje**). Elektromagnetski talasi koji npr. nastaju kada električna struja prolazi kroz **jonizovani*** gas između dvije **elektrode***. Emituje ih i Sunce, ali samo male količine stignu do Zemljine površine (veći dio "izgubi" svoju energiju jonizujući atome u atmosferi). Ove male količine su od velike važnosti za život, ali veće količine su opasne. Ultravioletno zračenje izaziva **fluorescenciju**, npr. kada se stvara u **fluorescentnim cijevima***, ali i razne hemijske reakcije, npr. tamnjenje kože.

*Električno polje, 58; Elektroda, 66; Elektroni, 88; Fluorescentna cijev, 80 (Cijev za pražnjenje); Frekvencija, 35; Jonizacij 88; Magnetsko polje, 72; Medij, 115; Radioaktivnost, 86; Transverzalni talasi, Talasna dužina, 34; Cijev za X - zrake, 81.

● **Fosforescencija.** Fenomen koji pokazuju neke supstance (**fosfori**). Kada su pogođene **kratkotalasnim*** elektromagnetskim talasima, npr. **gama - zracima** ili **X - zracima**, one ih apsorbuju i emituju **vidljivu svjetlost**, tj. talase veće talasne dužine. To emitovanje se može nastaviti nakon prestanka djejstva gama ili X - zraka. Ako se javlja samo kratko vrijeme u brzim odsjajima, zove se **scintilacija** (**svjetlucanje**) (vidi **scintilacioni brojač**, str. 90).

● **Infracrveno zračenje (IR zračenje).** Elektromagnetski talasi koje stvara zagrijano tijelo. Oni izazivaju daleko najveći porast temperature u odnosu na sve druge elektromagnetske talase, pošto ih tijela najlakše apsorbuju (vidi uvod i **zračenje**, str. 29). Mogu se koristiti za stvaranje **toplotne slike** na specijalnim IR osjetljivim filmovima.



Toplotna slika jezerske vode koja se koristi za hlađenje u nuklearnim elektranama* (snimljeno sa satelita).

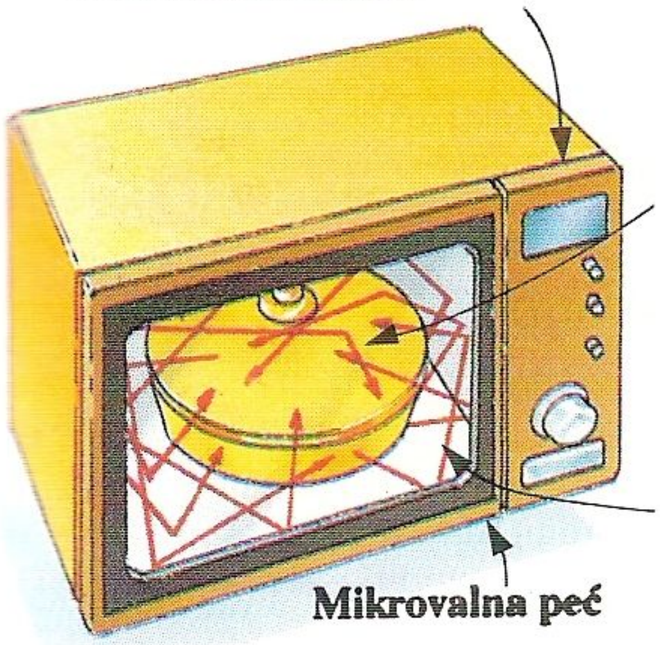
Najtoplija voda je smeđa, najhladnija plava. Svaka boja predstavlja otprilike po jedan stepen temperaturne razlike.

● **Fluorescencija.** Fenomen koji pokazuju izvjesne supstance. Kada na njih djeluje **ultravioletno zračenje**, one ga apsorbuju i emituju **vidljivu svjetlost**, tj. svjetlosne **talase veće talasne dužine***. To emitovanje prestaje čim prestane djejstvo ultravioletnog zračenja.

● **Vidljiva svjetlost.** Elektromagnetski talasi koje oko može vidjeti. Proizvodi ih Sunce, **cijevi za pražnjenje*** i bilo koja supstanca koja se zagrijava sve do usijanja (emisija svjetlosti uslijed zagrijavanja zove se **usijanje**). Oni prouzrokuju hemijske promjene npr. na fotografskom filmu. Razne **talasne dužine*** u **zoni** vidljivih talasa vide se kao razne boje (vidi str. 55).

● **Mikrotalasi.** Vrlo kratki **radio - talasi** koji se primjenjuju kod **radara** (radio detection and ranging) za određivanje položaja nekog objekta pomoću vremena koje je potrebno da se odbijeni talas vrati do izvora (vidi i **sonar**, str. 41).
Mikrovalne peći koriste mikrovalove za brzo kuhanje hrane.

Magnetron. Povezan sa izvorom napajanja struje stvara mikrotalase.



Mikrovalna peć

Mikrotalasi prolaze kroz posudu sa hranom, ali ne kroz metalni okvir peći. Izazivaju osciliranje molekula vode, masti i šećera u hrani, stvarajući toplotnu energiju i kuhajući hranu.

Talasi odbijeni od zidove peći da bi ravnomjerno kuhali hranu.

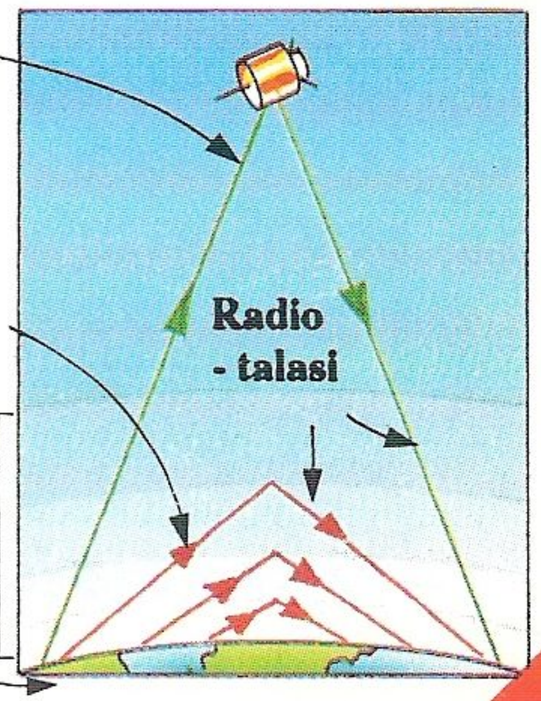
● **Radio-talasi.** Elektromagnetski talasi koji se stvaraju kada slobodni **elektroni*** u radio-antenama osciluju (ubrzavaju se) **u električnom polju***. Činjenica da je frekvencija talasa nametnuta poljem znači da se talasi javljaju više kao pravilan nego neuređen tok. Primjenjuju se u komunikacijama na udaljenosti.

Radio-talasi s kratkim talasnim dužinama* mogu proći kroz jonosferu. Zato se primjenjuju za komunikacije na velike udaljenosti preko satelita.

Radio-talasi dugih talasnih dužina* se odbijaju unutar jonosfere, pa se koriste za prenošenje informacija s mjesta na mjesto u istom području Zemljine površine.

Jonosfera (oblast jonizovanog* gasa - oko Zemlje)

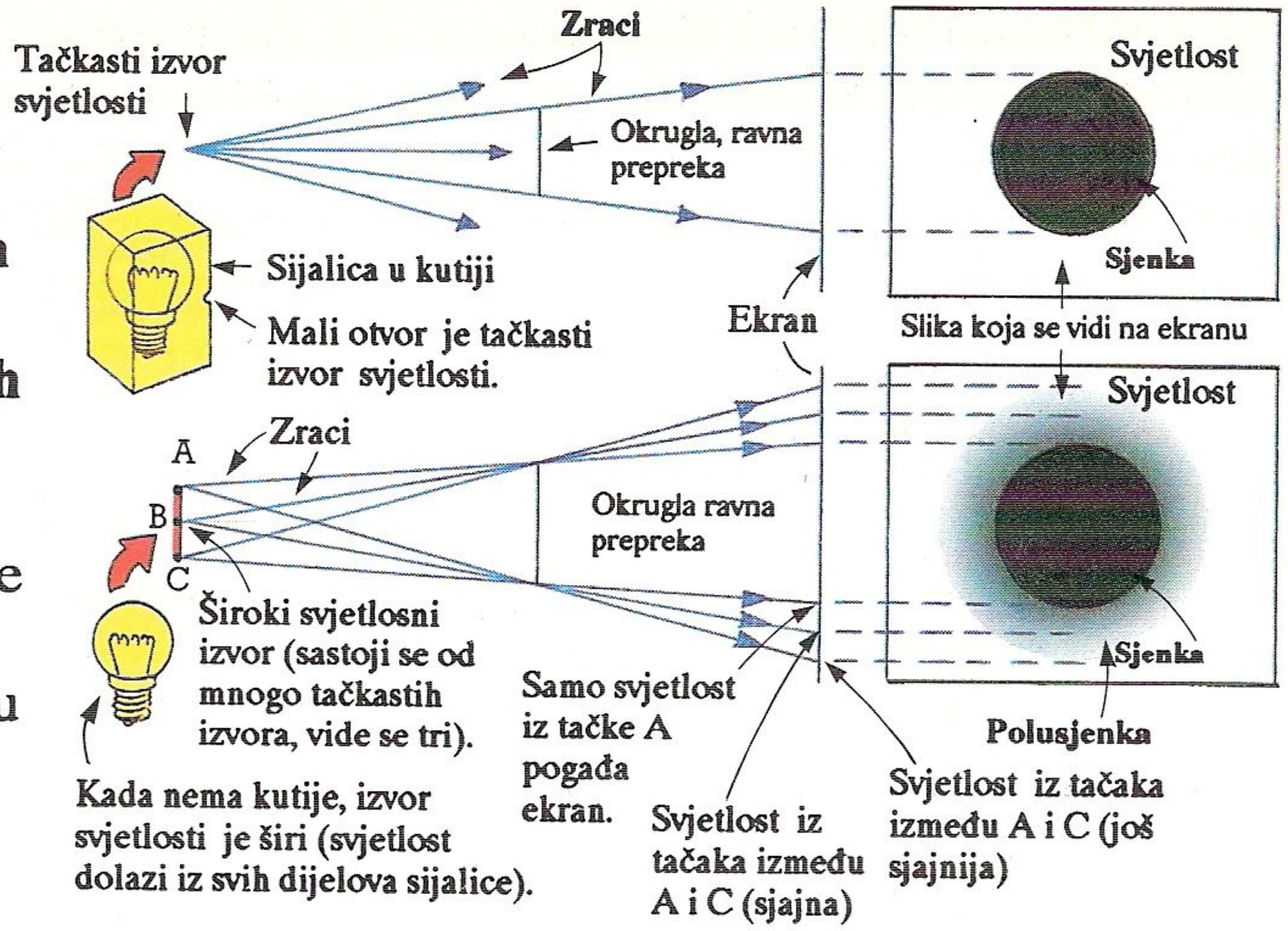
Zemlja



*Cijev za električno pražnjenje, 80; Električno polje, 58; Jonizacija, 88; Nuklearna elektrana, 94; Talasna dužina, 34.

Svjetlost

Svjetlost se sastoji od **elektromagnetskih talasa*** određenih **frekvencija*** i **talasnih dužina*** (vidi str. 44-45). Međutim, u pojedinim oblastima se predstavlja u formi **zraka.** Takav zrak je, u stvari, linija (strelica) koja pokazuje put kojim se kreću svjetlosni talasi, tj. pravac u kome se prenosi energija.



●**Sjenka.** Područje do kojega svjetlosni zraci ne mogu dospjeti uslijed prepreke na njihovom putu. Ako zraci dolaze iz tačke, prepreka ih zaustavlja stvarajući **potpunu sjenku.** Ako dolaze iz šireg izvora, oko sjenke se formira oblast **polusjenke.**

Odbijanje svjetlosti

Odbijanje je promjena pravca talasa nakon udara o granicu (vidi str. 66). Za prikazivanje odbijanja svjetlosti obično se upotrebljavaju ogledala (vidi desno i str. 48-49). Mora se imati na umu sljedeće: kada se neki predmet i njegova slika ucrtavaju u dijagrame ogledala (i **sočiva***), pretpostavlja se da predmet proizvodi svjetlosne zrake. U stvari, zraci dolaze iz izvora , npr. od Sunca, i već su jednom bili odbijeni na predmetu.

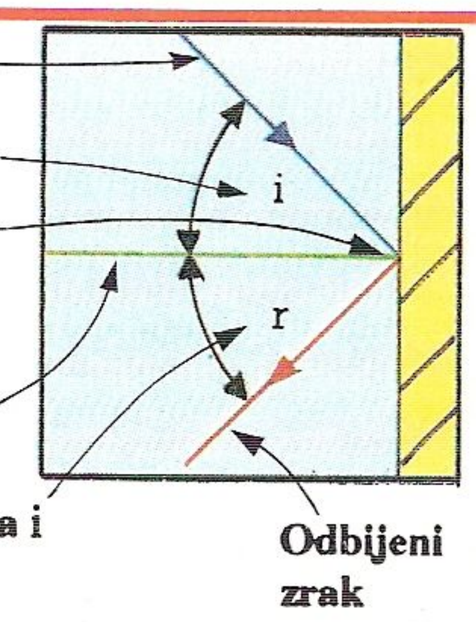
Upadni zrak. Zrak svjetlosti prije odbijanja (ili **prelamanja***).

Upadni ugao (i). Ugao između **upadnog zraka** i **normale u tački upada.**

Tačka upada. Tačka u kojoj **upadni zrak** nailazi na granicu i postaje **odbijeni zrak** (ili **prelomljeni***).

Normala. Linija normalna na granicu u odabranoj tački, npr. tački upada.

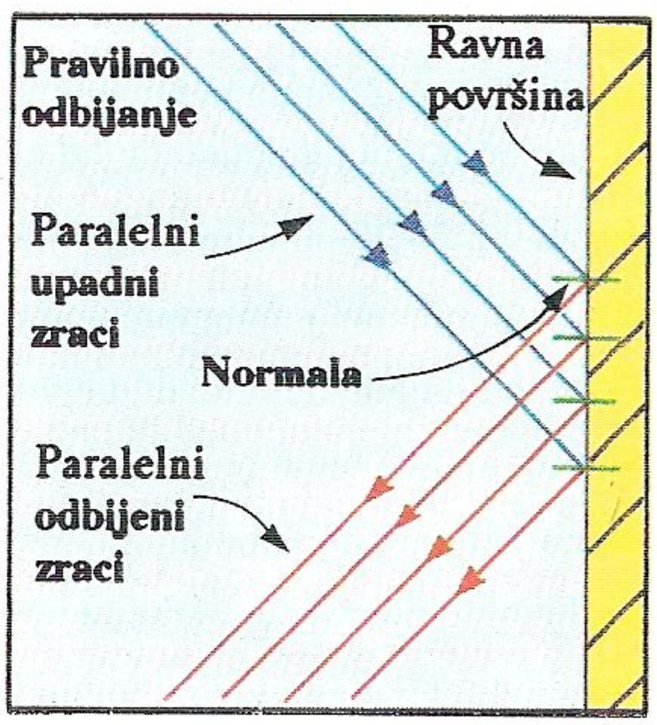
Ugao odbijanja (r). Ugao između **odbijenog zraka** i normale u tački upada.



Zakoni odbijanja svjetlosti

1. **Odbijeni zrak** leži u istoj ravni sa **upadnim zrakom** i **normalom u tački upada.**
2. **Upadni ugao (i) = ugao odbijanja (r)**

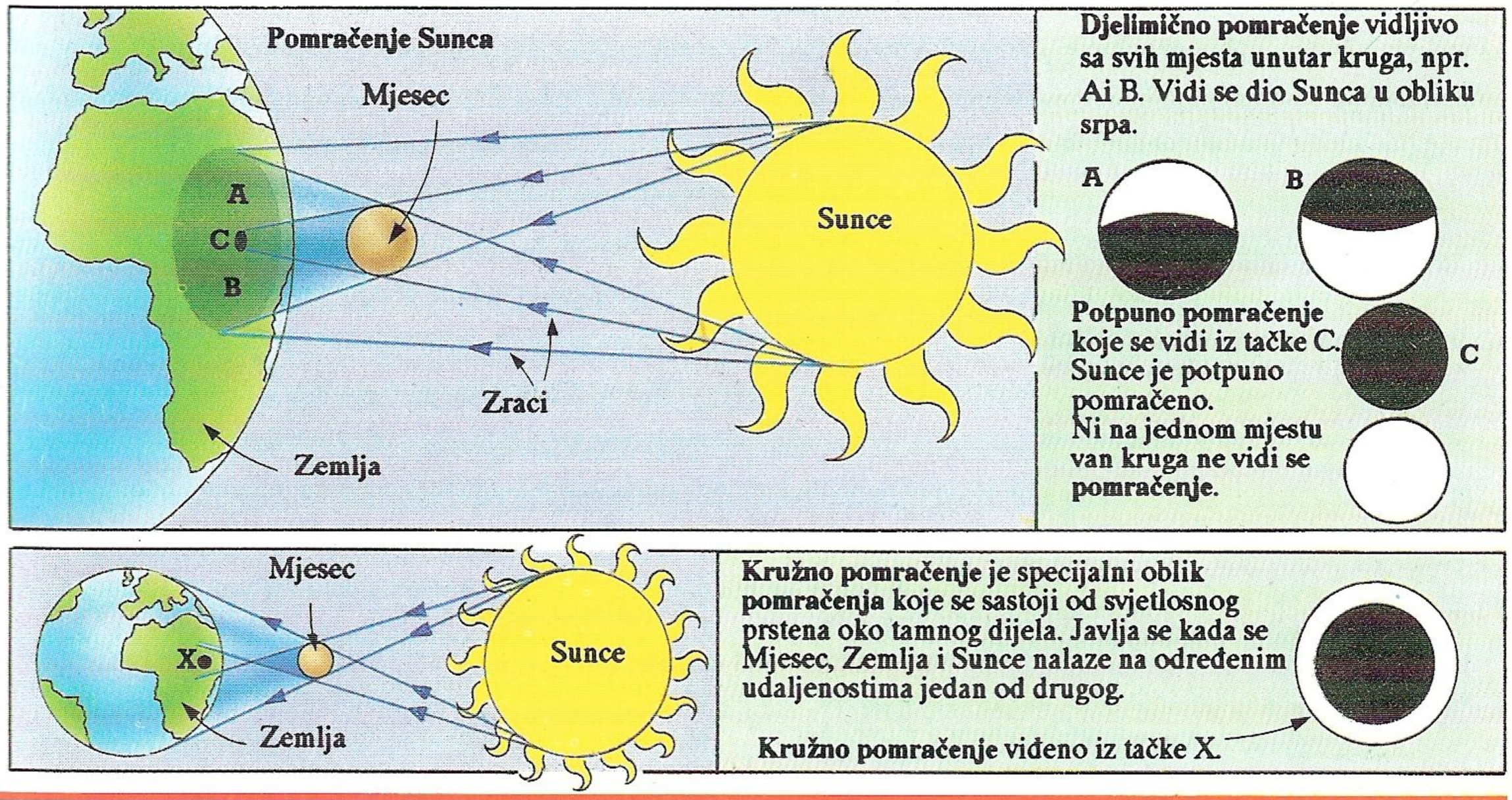
●**Pravilno odbijanje.** Odbijanje paralelnih **upadnih zraka** (vidi gore) od ravne površi, tako da su svi **odbijeni zraci** paralelni. Ovo se javlja kada su površi veoma glatke, npr. veoma uglačane površi kao što su ogledala.



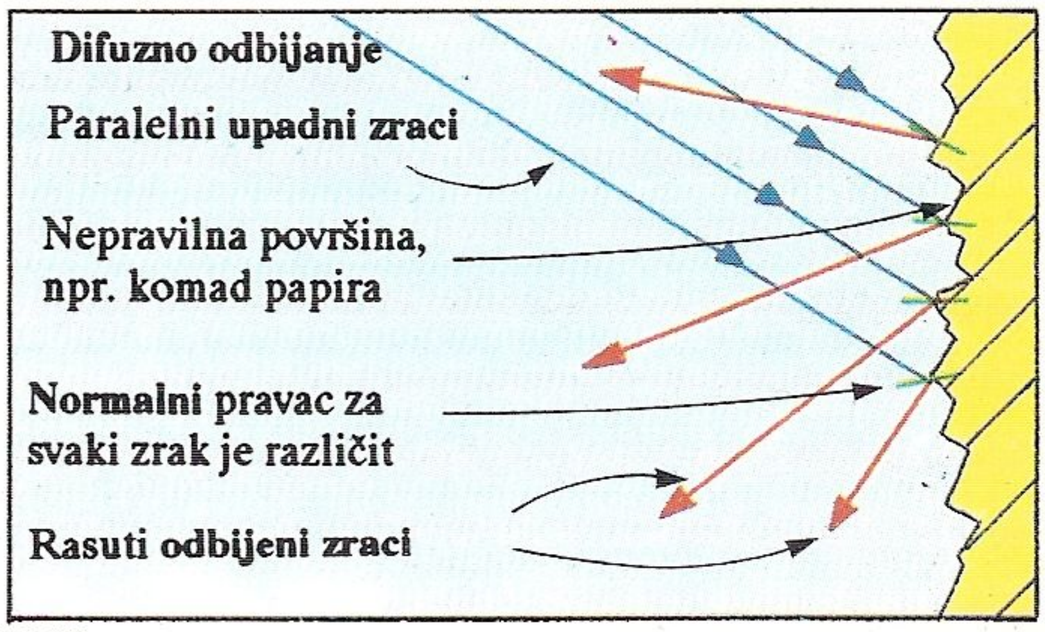
*Elektromagnetski talasi, 44; Frekvencija, 35; Sočiva, 52; Prelomljeni zrak, Prelamanje, 50; Talasna dužina, 34.

● **Pomračenje.** Potpuno ili djelimično "odvajanje" svjetlosti od izvora. Ono se javlja kada objekat baca **sjenku**, prolazeći između izvora i posmatrača.

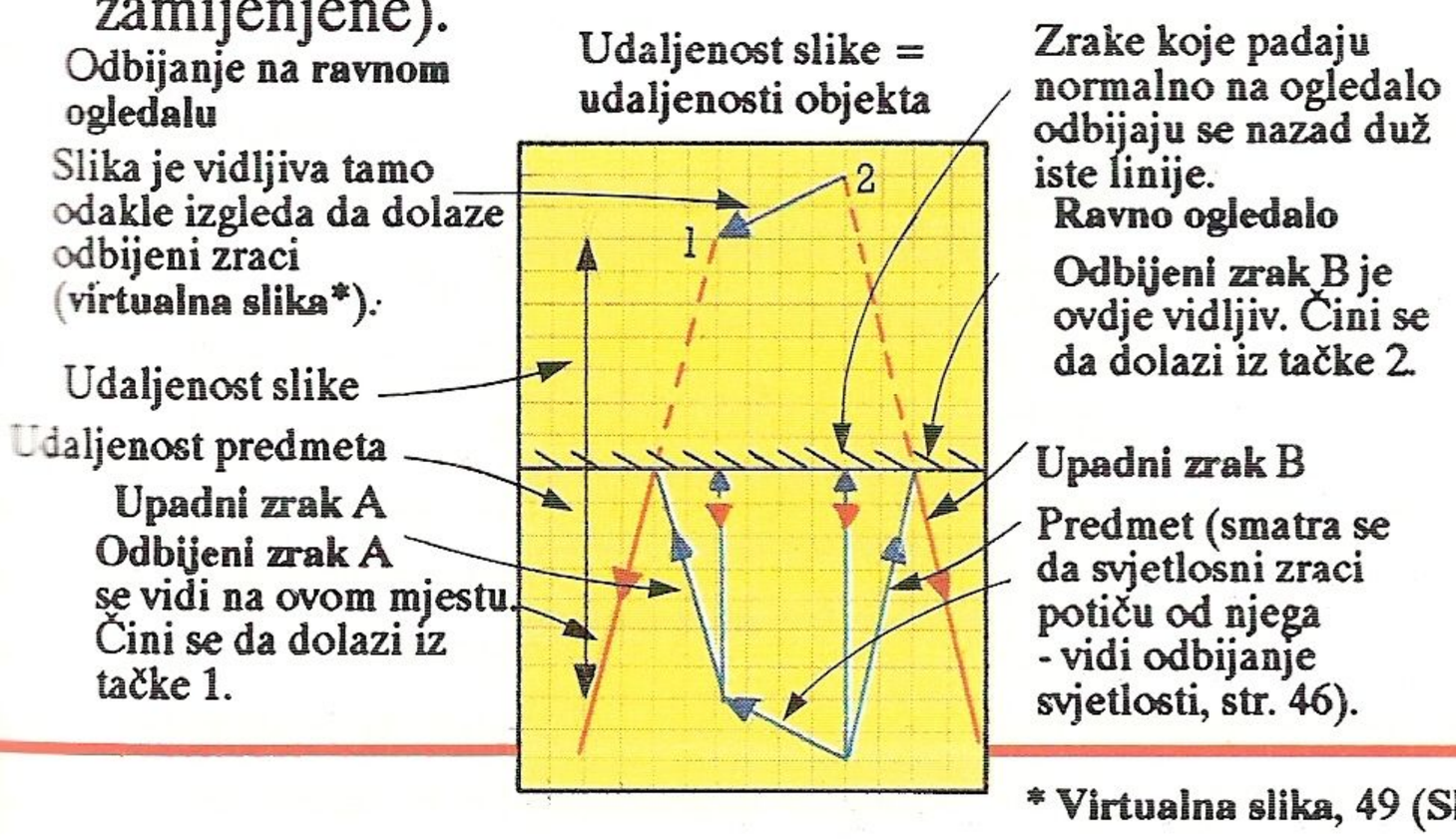
Pomračenje Sunca se vidi sa Zemlje kada Mjesec prolazi između Zemlje i Sunca, a **pomračenje Mjeseca** se vidi kada je Zemlja između Sunca i Mjeseca.



● **Difuzno odbijanje.** Odbijanje paralelnih **upadnih zraka** (vidi lijevo) od hrapavu površinu, tako da se odbijeni zraci prostiru u raznim pravcima i svjetlost se rasipa. Ovo je najuobičajeniji tip odbijanja, pošto je većina površina nepravilna kada se posmatra u skali koja je uporediva sa skalom **talasnih dužina*** svjetlosti (str. 44).



● **Ravno ogledalo.** Ogledalo sa ravnom površinom (vidi **zakrivljena ogledala**, str. 48-49). Slika koju to ogledalo formira je iste veličine kao i predmet i na istoj je udaljenosti "unutar" ogledala na kojoj se predmet nalazi ispred njega. **Bočno je okrenut - lateralna inverzija** (lijeva i desna strana su zamijenjene).



● **Paralaksa.** Prividno kretanje dva predmeta jednog u odnosu na drugi, onako kako ga vidi posmatrač koji se kreće. Npr. dva predmeta na različitoj udaljenosti od voza koji se kreće nekom ko ih posmatra iz voza izgledaće kao da prolaze jedan pored drugog. Predmet koji je dalje izgledaće da se kreće brže, otuda je i udaljenost veća.

* **Virtualna slika**, 49 (Slika); **Talasna dužina**, 34.

Odbijanje svjetlosti (nastavak)

Svjetlosni zraci se odbijaju od zakrivljene površine kao i od ravne u skladu sa **zakonima odbijanja svjetlosti** (vidi str. 46). Slike koje se formiraju odbijanjem na **zakrivljenim ogledalima** se lako zapaze. Postoje dvije vrste zakrivljenih ogledala - **konkavna** i **konveksna ogledala.** Na svim crtežima koji predstavljaju odbijanje svjetlosti pretpostavlja se da je predmet izvor svjetlosti (vidi **odbijanje svjetlosti**, str. 46). Određene tačke (vidi dolje) zajedno sa poznatim činjenicama o svjetlosnim zracima koji kroz njih prolaze koriste se za konstrukciju odbijenih zraka.

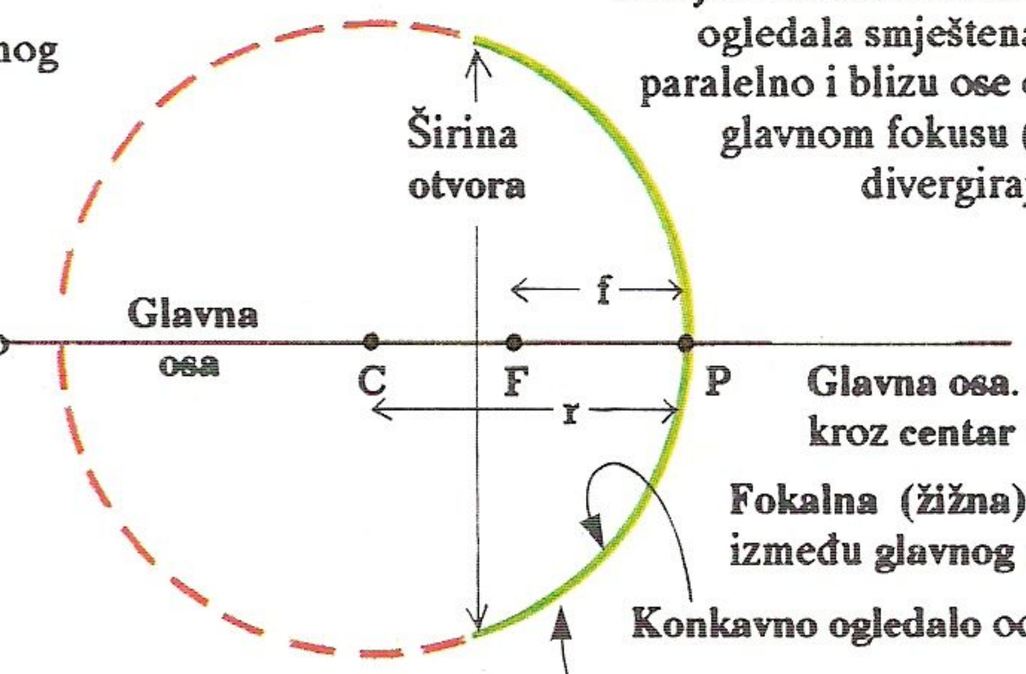
Tačke koje se koriste za konstrukciju odbijenih zraka (vidi i str. 52).

Pol - tjeme (P) - centar zakrivljenog ogledala.

Centar krivine (C). Centar lopte (sfere) čiji je dio zakrivljeno ogledalo. Bilo koji zrak koji prolazi kroz centar krivine (konkavna ogledala) ili ide pravo ka njemu (konveksna ogledala) odbija se u istom pravcu.

Radijus krivine(r). Udaljenost između centra krivine i tjemena.

Glavni fokus ili žiža (F). Specijalna tačka na sredini udaljenosti između centra krivine i tjemena zakrivljenog ogledala smještena na glavnoj osi. Svi zraci koji idu paralelno i blizu ose odbijaju se tako da konvergiraju u glavnom fokusu (konkavna ogledala) ili izgleda da divergiraju iz njega (konveksna ogledala).



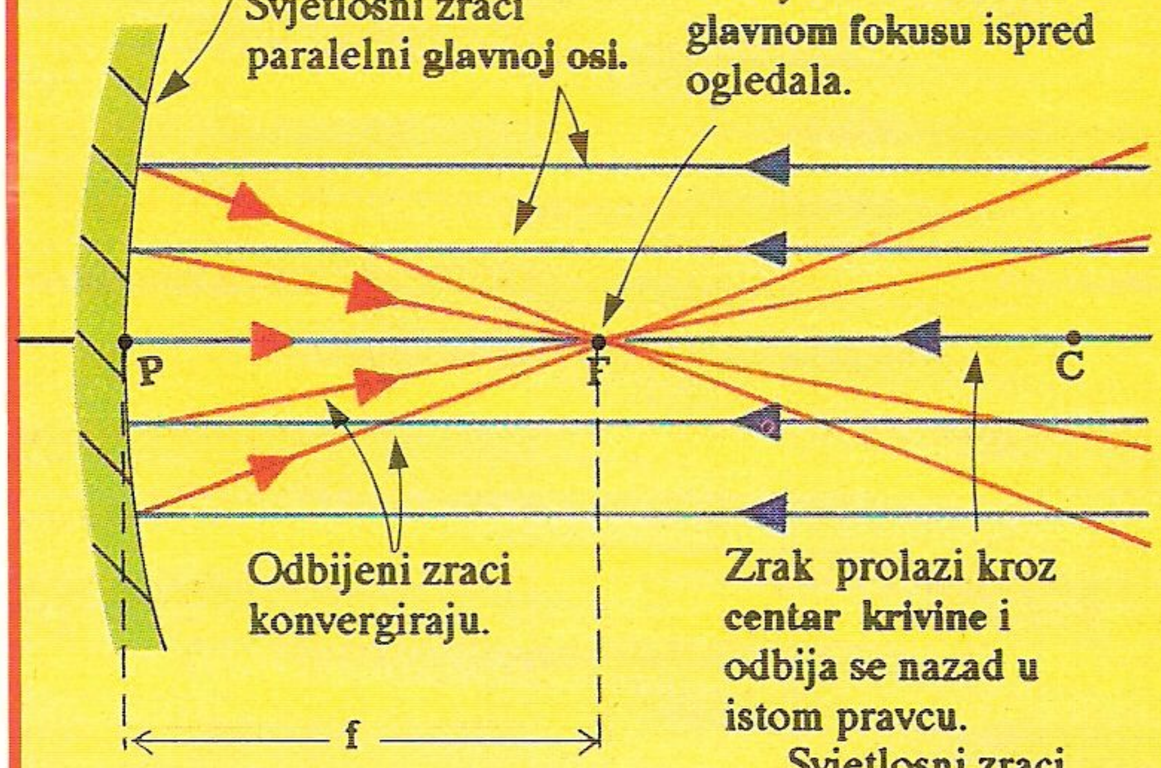
Glavna osa. Prava linija koja prolazi kroz centar krivine i tjeme.

Fokalna (žižna) daljina (f). Udaljenost između glavnog fokusa i pola.

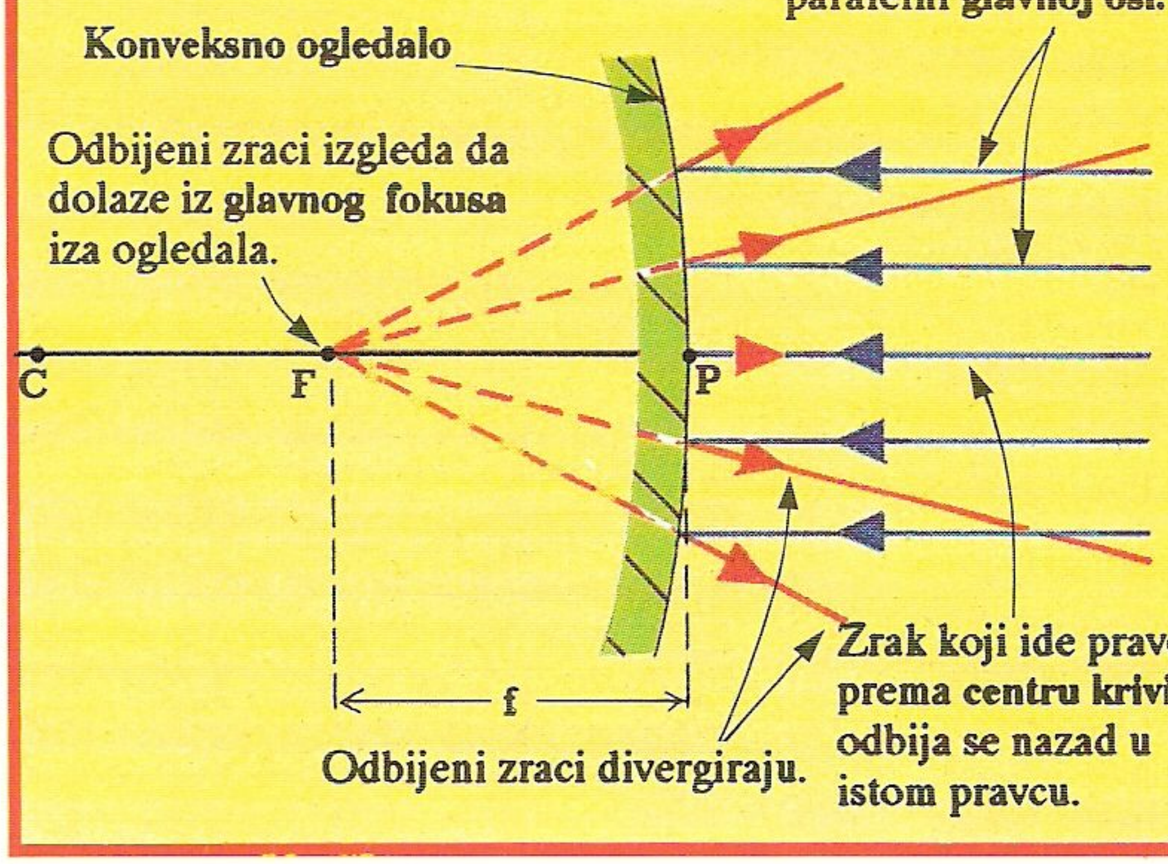
Konkavno ogledalo odbija sa ove strane.

Konveksno ogledalo odbija sa ove strane.

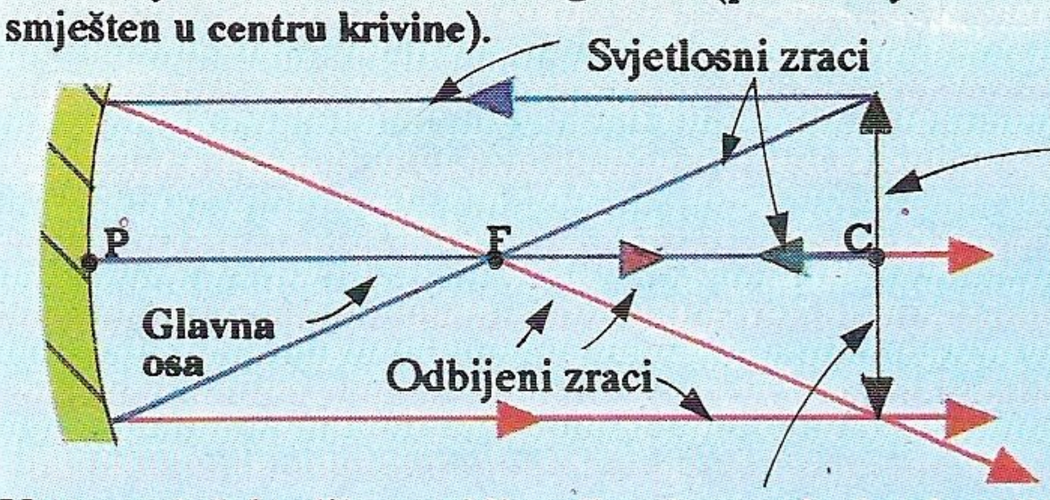
Otvor. Područje kojim svjetlost prolazi do ogledala.



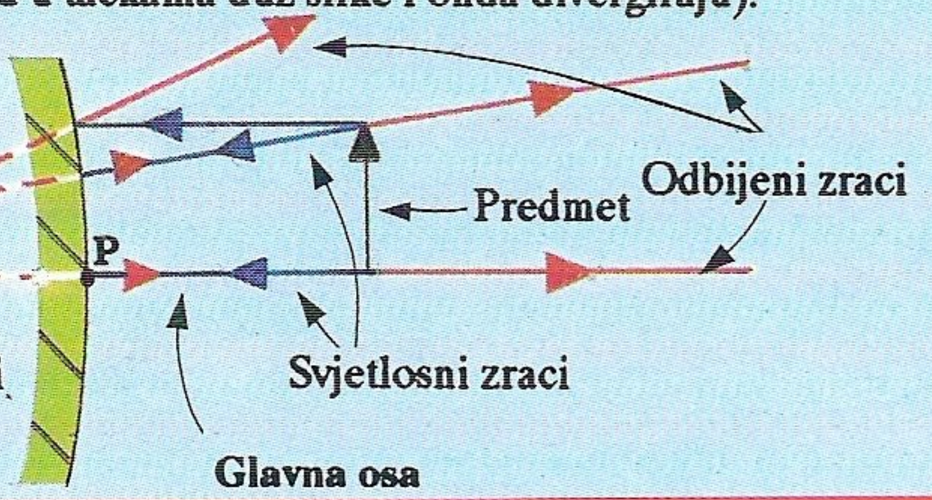
- **Konkavno ili konvergentno ogledalo.** Ogledalo sa površinom zakrivljenom prema unutra (dio unutrašnjosti sfere). Kada svjetlosni zraci paralelni s **glavnom osom** padnu na takvo ogledalo, odbijaju se tako da konvergiraju u **glavnom fokusu** ispred ogledala. Veličina, položaj i vrsta **slike** zavise od udaljenosti predmeta od ogledala.



- **Konveksno ili divergentno ogledalo.** Ogledalo čija je površina zakrivljena prema vani (dio vanjskog dijela sfere). Kada svjetlosni zraci paralelni s **glavnom osom** padnu na takvo ogledalo, odbijaju se tako da izgleda da divergiraju iz **glavnog fokusa** iza ("unutar") ogledala. **Slike** su uvijek uspravne, umanjene i **virtualne** (vidi **slike**).



U ovom slučaju slika se vidi ovdje, obrnuta je, iste je veličine kao predmet i realna je (odbijeni zraci se sreću u tačkama duž slike i onda divergiraju).



Slika je uvijek uspravna, manja od objekta i virtualna (odbijeni zraci izgleda kao da iz nje divergiraju).

● **Slika.** Lik predmeta na nekom drugom mjestu. Pošto se predmet vidi samo zahvaljujući svjetlosnim zracima koji dolaze od njega (vidi **odbijanje svjetlosti**, str. 46), tako se i slika vidi tamo odakle odbijeni zraci (izvorno iz predmeta), u stvari, divergiraju (**realna slika**) ili izgleda da divergiraju (**virtualna slika**).

● **Formula za ogledala ili sočiva.** Prikazuje vezu između udaljenosti predmeta i centra zakrivljenog ogledala ili sočiva*, udaljenosti njegove slike od iste tačke i **žižne daljine** ogledala ili sočiva. Slika se može formirati s obje strane ogledala ili sočiva, te se primjenjuje **konvencija o znakovima*** da se odredi položaj.

Formula za ogledalo:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

gdje je f = žižna daljina, v = udaljenost slike (od pola), u = udaljenost predmeta (od pola).

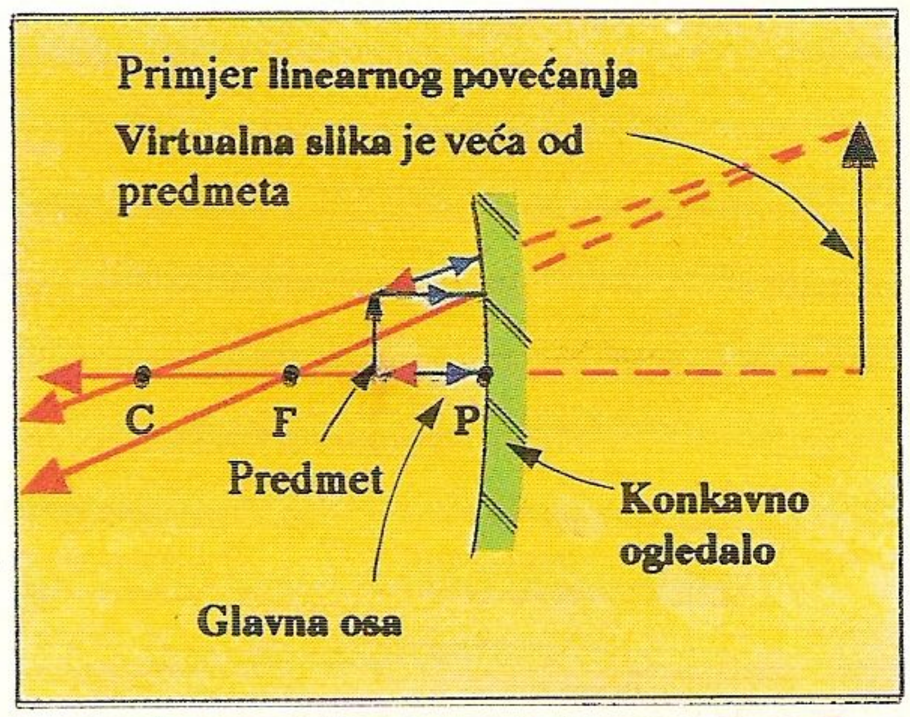
Važeća konvencija znakova

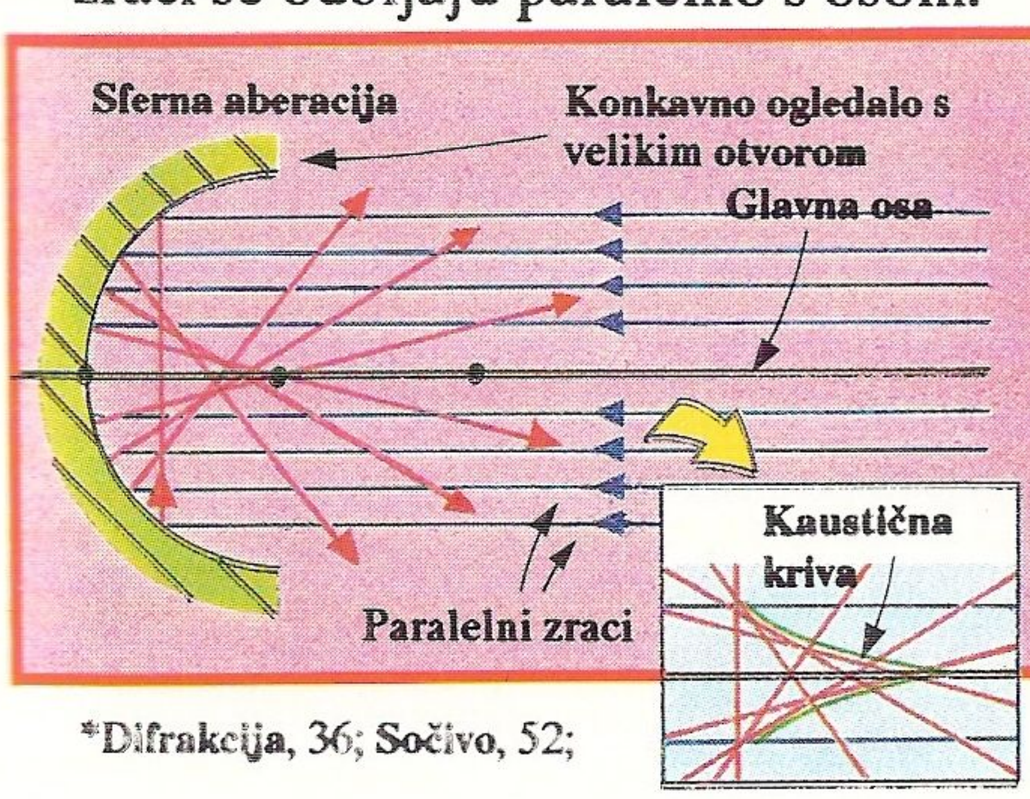
1. Sve udaljenosti se mjere počevši od ogledala.
2. Udaljenosti predmeta i realnih slika su pozitivne.
3. Udaljenosti virtualnih slika su negativne.

● **Linearno povećanje.** Odnos visine slike koju stvara ogledalo ili sočivo* i visine predmeta.

$$\text{Linearno povećanje} = \frac{\text{visina slike}}{\text{visina predmeta}}$$

● **Princip reverzibilnosti svjetlosti.** Zrak svjetlosti nastao odbijanjem, **prelamanjem*** ili **difrakcijom*** i zrak svjetlosti u suprotnom pravcu nastao pod istim uslovima slijediće istu putanju. Npr. svjetlosni zraci paralelni s **glavnom osom** nakon odbijanja na konkavnom ogledalu sijeku se u **glavnom fokusu**. Ako je tačkasti izvor svjetlosti smješten u glavnom fokusu, zraci se odbijaju paralelno s osom.





● **Sferna aberacija.** Efekat koji se vidi kada zraci paralelni s **glavnom osom** (na različitoj udaljenosti od nje) padnu na zakrivljeno ogledalo i odbijaju se tako da se presijecaju u raznim tačkama duž ose, formirajući **kaustičnu krivu**. Što je **otvor** veći ovo se vidi u većoj mjeri. Može se vidjeti i kod **sočiva*** s velikim otvorima.

*Difrakcija, 36; Sočivo, 52; Prelamanje, 37; Konvencija znakova, 11.

Prelamanje svjetlosti

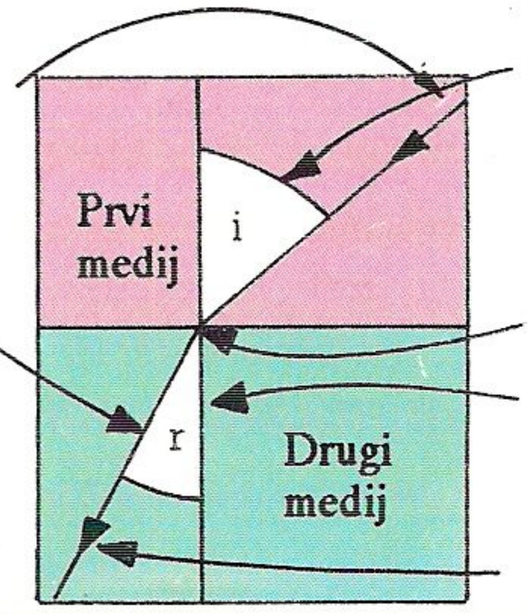
Prelamanje je promjena pravca bilo kojeg talasa kao rezultat promjene njegove brzine kada se kreće iz jednog **medija*** u drugi (vidi i str.37). Kada svjetlosni zraci (vidi str.46) prelaze u novi medij, prelamaju se u skladu sa **zakonima prelamanja svjetlosti**. Pravac njihovog prelamanja zavisi od toga da li prelaze u gušći ili rjeđi medij i shodno tome se usporavaju, odnosno ubrzavaju (vidi dijagram dolje).

Prelamanje na granici između dva medija*.

Upadni zrak. Zrak svjetlosti prije prelamanja (ili **odbijanja***).

Ugao prelamanja (r). Ugao između **prelomljenog zraka** i **normale u tački upada.**

Ako je drugi medij gušći, zrak se usporava i prelama se ka **normali** kao u ovom slučaju. Ako je rjeđi, zrak se ubrzava i prelama se od normale.



Upadni ugao (i). Ugao između **upadnog zraka** i **normale u tački upada.**

Tačka upada. Tačka u kojoj upadni zrak nailazi na granicu i postaje **prelomljeni** (ili **odbijeni zrak***).

Normala. Linija normalna na granicu u izabranoj tački, tj. **tački upada.**

Prelomljeni zrak

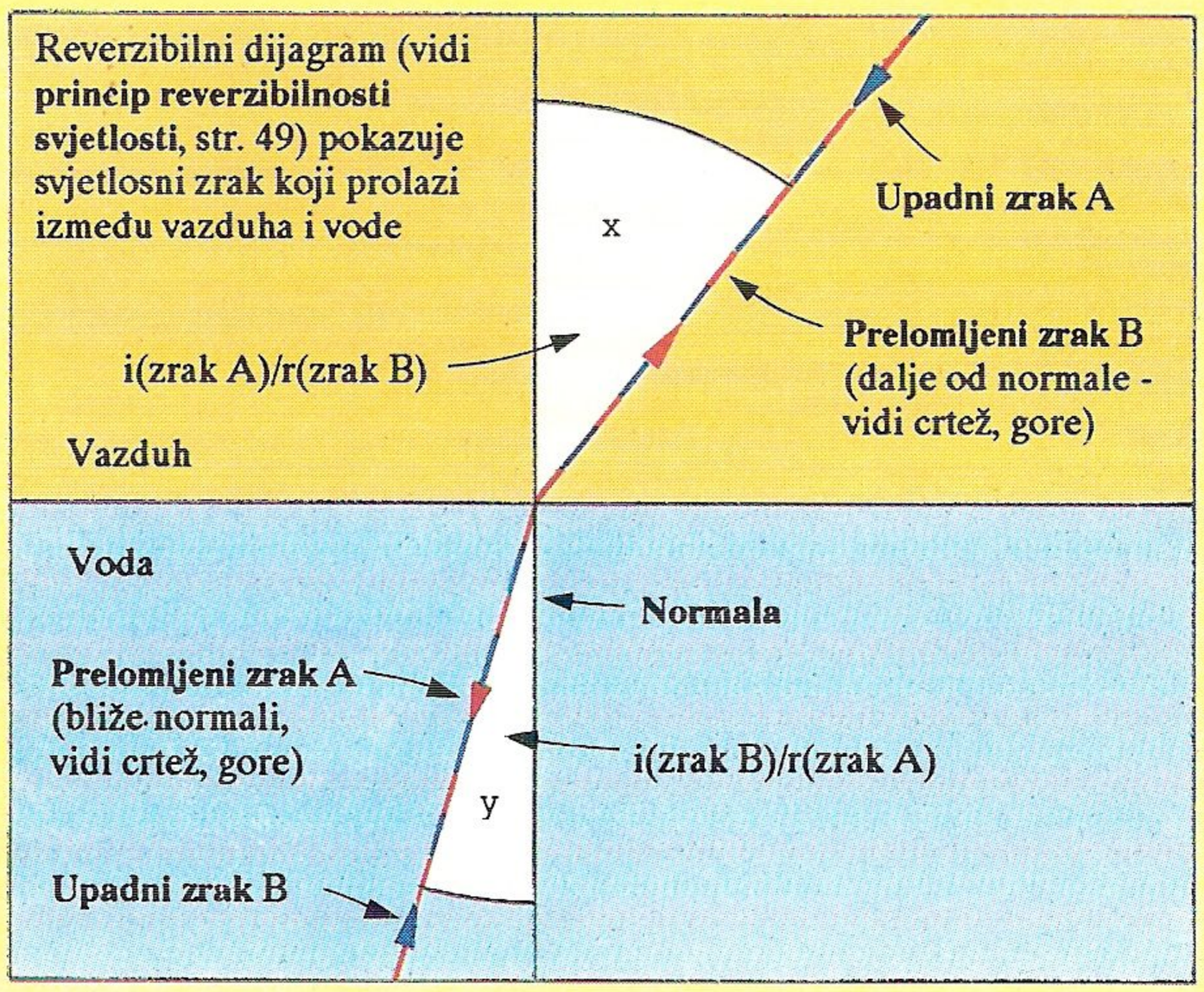
Zakoni prelamanja svjetlosti

1. **Prelomljeni zrak** leži u istoj ravni sa **upadnim zrakom** i **normalom** u **upadnoj tački.**

2. **Snelov** (V. Snellius) **zakon.** Odnos **sinusa* upadnog ugla** i sinusa **ugla prelamanja** je konstantan za dva data **medija***. Ova konstanta je **indeks prelamanja** (**n** - vidi str.37).

Ako se odnosi na svjetlost, onda je poznat i po imenu **optička gustina** i, kao indeks prelamanja u drugim slučajevima, također se može izračunati dijeljenjem brzine svjetlosti u jednom mediju s brzinom svjetlosti u drugom mediju. Vidi i sliku **prividne dubine.**

Reverzibilni dijagram (vidi **princip reverzibilnosti svjetlosti**, str. 49) pokazuje svjetlosni zrak koji prolazi između vazduha i vode



Za bilo koji pravac **indeks prelamanja*** drugog **medija*** u odnosu na prvi je napisan kao $_1n_2$.

Prema **Snelovom zakonu:**

$$_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Mediji se također mogu specificirati indeksima - $_an_w$ znači indeks prelamanja vode u odnosu na vazduh i $_wn_a$ indeks prelamanja vazduha u odnosu na vodu.

$$_an_w = \frac{\sin i\ (\text{zrak A})}{\sin r\ (\text{zrak A})} = \frac{\sin x}{\sin y}$$

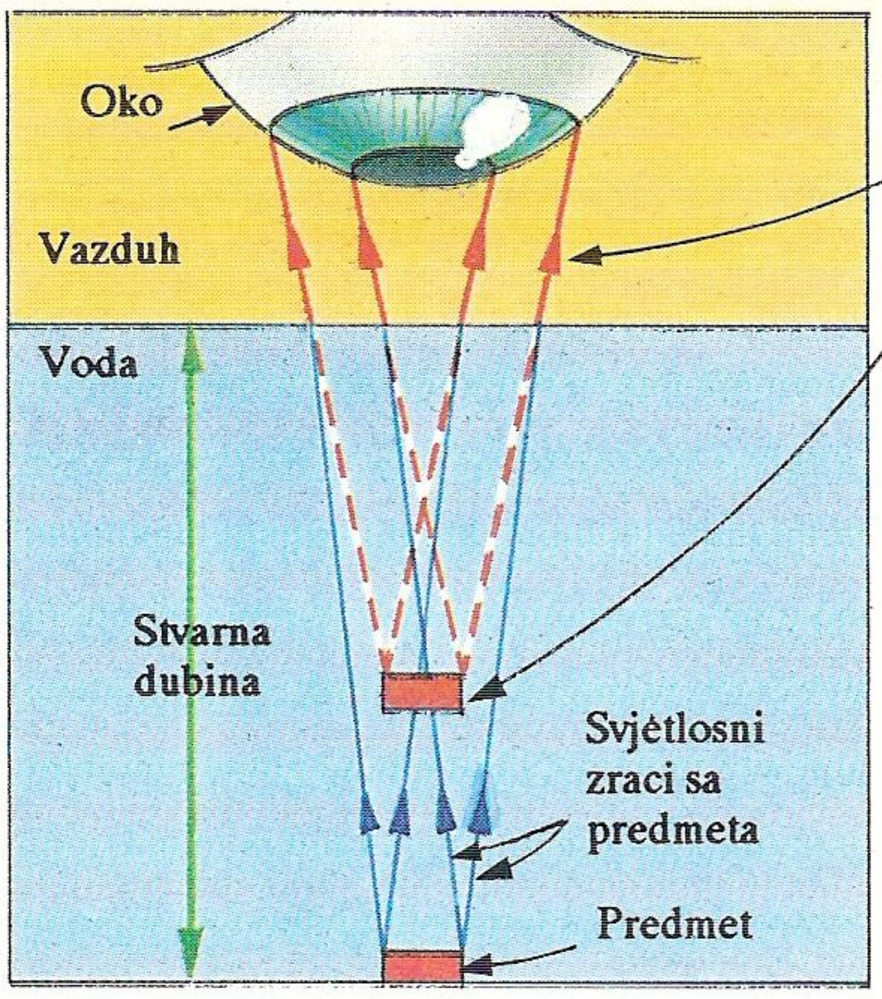
$$_wn_a = \frac{\sin i\ (\text{zrak B})}{\sin r\ (\text{zrak B})} = \frac{\sin y}{\sin x}$$

Tako je $_an_w = \frac{1}{_wn_a}$

Ako nisu označeni indeksi, ta vrijednost je **apsolutni indeks prelamanja***.

* **Apsolutni indeks prelamanja**, 37 (**Indeks prelamanja**); **Medij**, 115; **Odbijeni zrak, Odbijanje**, 46; **Sinus**, 115.

● **Prividna dubina.** Položaj u kojemu se neki predmet prividno nalazi u jednom **mediju*** ako ga posmatramo iz drugog. Imamo utisak da su svjetlosni zraci išli pravolinijski, a u stvari su promijenili pravac kao rezultat prelamanja. Otuda predmet, u stvari, nije tamo gdje nam se čini da jeste.



Prividna dubina

Zraci su prelomljeni kada napuste vodu.

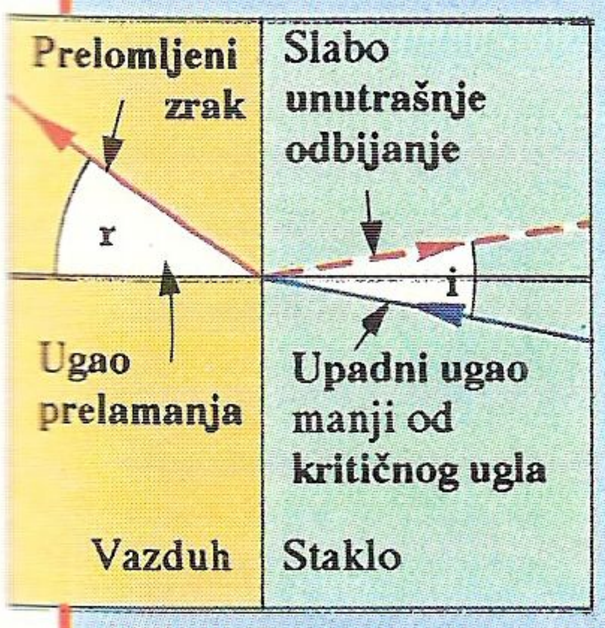
Imamo utisak da se svjetlosni zraci prostiru pravolinijski (isprekidane linije), te se predmet vidi na ovom mjestu.

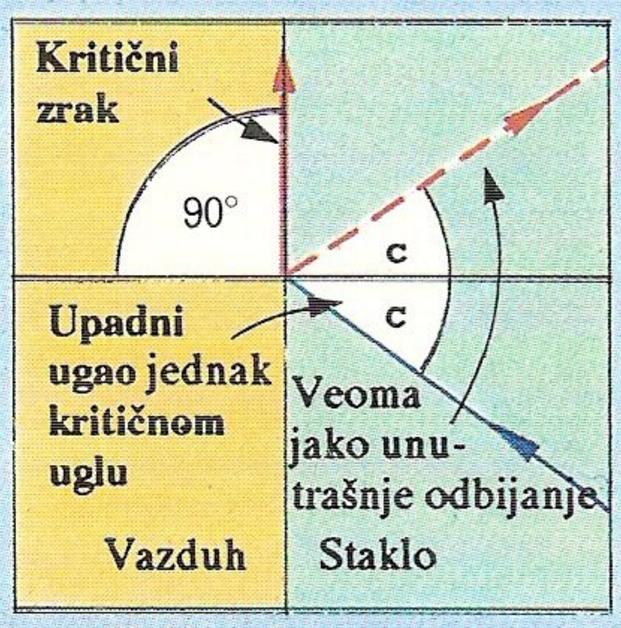
Prava dubina i prividna dubina mogu se također koristiti da se izračuna **indeks prelamanja***:

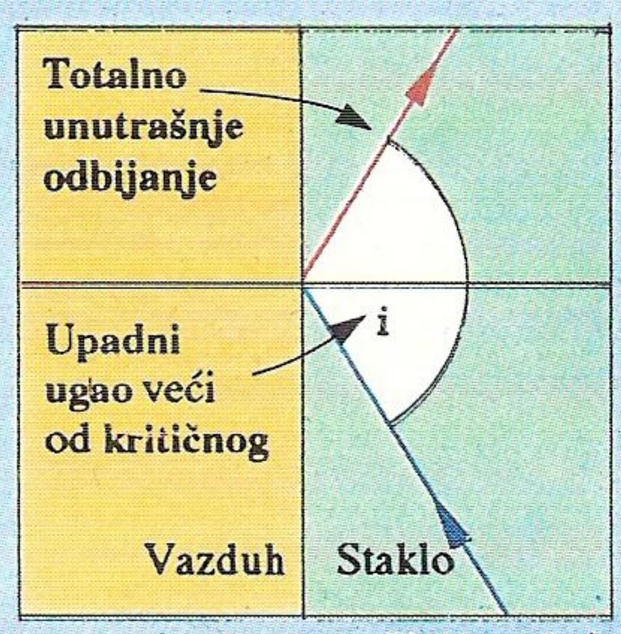
$$ {}_a n_w = \frac{\text{realna dubina}}{\text{prividna dubina}} $$

$$ \left({}_w n_a = \frac{1}{{}_a n_w} \right) $$

● **Granični (kritični) ugao (c).** Određeni **upadni ugao** zrake koja se dolazeći u rjeđi **medij*** prelama pod uglom 90° prema **normali**. To znači, prelomljeni zrak (**kritični zrak**) klizi duž granice i ne ulazi u drugi medij.







Kritični ugao se može također koristiti za izračunavanje indeksa prelamanja*:

$$ {}_g n_a = \sin c $$

$$ \left({}_a n_g = \frac{1}{{}_g n_a} \right) $$

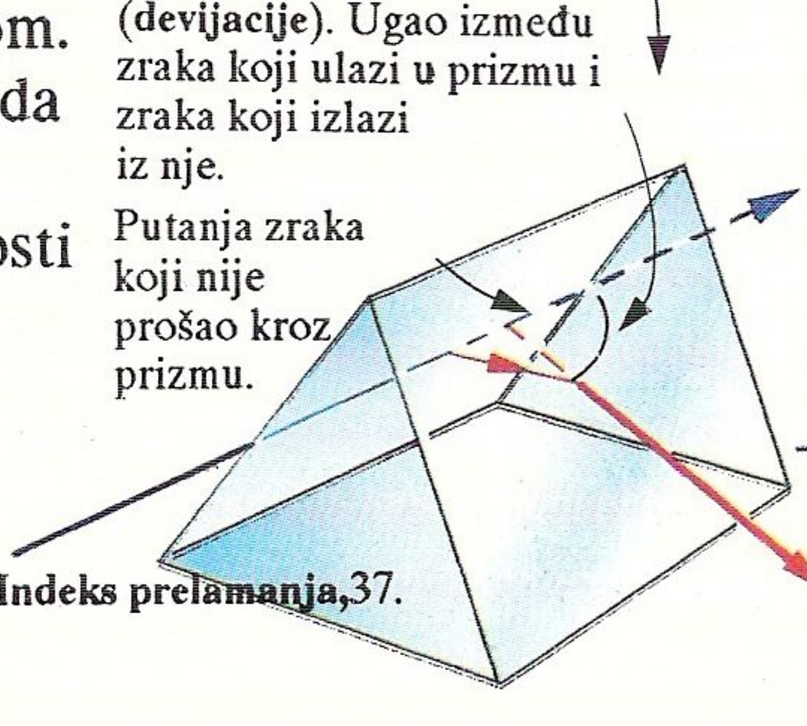
(sinus od 90° je 1)

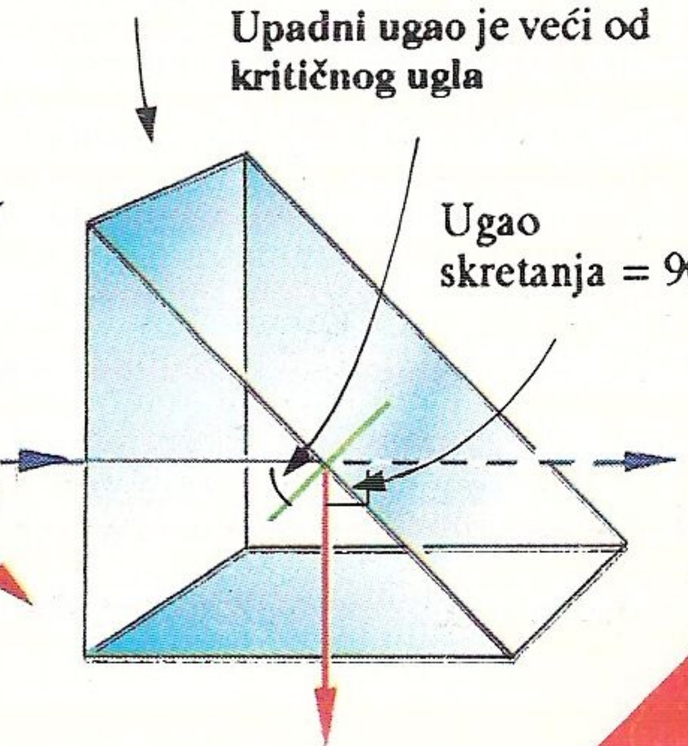
● **Totalno unutrašnje odbijanje.** Prelazeći iz gušćeg u rjeđi **medij*** svjetlost naiđe na granicu između njih. Tada se, pored prelamanja svjetlost djelomično vraća i u gušći medij (**unutrašnje odbijanje**). Kada je **upadni ugao** veći od **kritičnog**, dolazi do totalnog unutrašnjeg odbijanja, tj. sva svjetlost se odbija u gušću sredinu.

Optička vlakna provode svjetlost totalnim unutrašnjim odbijanjem. Snopovi takvih vlakana se mnogo primjenjuju (npr. u endoskopima, za pregled unutrašnjih organa u tijelu).



● **Prizma.** Prozirno čvrsto tijelo sa dvije ravne prelamajuće površine koje su pod uglom. Prizme se upotrebljavaju da izazovu **disperziju*** i promijene putanju svjetlosti prelamanjem i **totalnim unutrašnjim** odbijanjem.





* **Disperzija, 54 (Boja); Medij, 115; Indeks prelamanja, 37.**

Prelamanje svjetlosti (nastavak)

Svjetlosni zraci se prelamaju na zakrivljenim površinama, npr. **sočiva**, kao i na ravnim površinama u skladu sa **zakonima prelamanja svjetlosti** (vidi str.50). Za razliku od ravnih površina, stvaraju se realne slike. Postoje dva osnovna tipa sočiva - **konkavna** i **konveksna**, koja mogu djelovati kao **divergentna** i **konvergentna**, što zavisi od njihovog **indeksa prelamanja*** u odnosu na okolni **medij***. Kod svih dijagrama koji pokazuju stvaranje slike prelamanjem pretpostavlja se da je predmet izvor svjetlosti (vidi **odbijanje svjetlosti** str.46). Određene tačke (vidi dolje) zajedno sa poznatim činjenicama o svjetlosnim zracima koji prolaze kroz njih koriste se da se konstruišu prelomljeni zraci. Položaji predmeta i slika se mogu odrediti primjenom **formule za ogledala (sočiva)***.

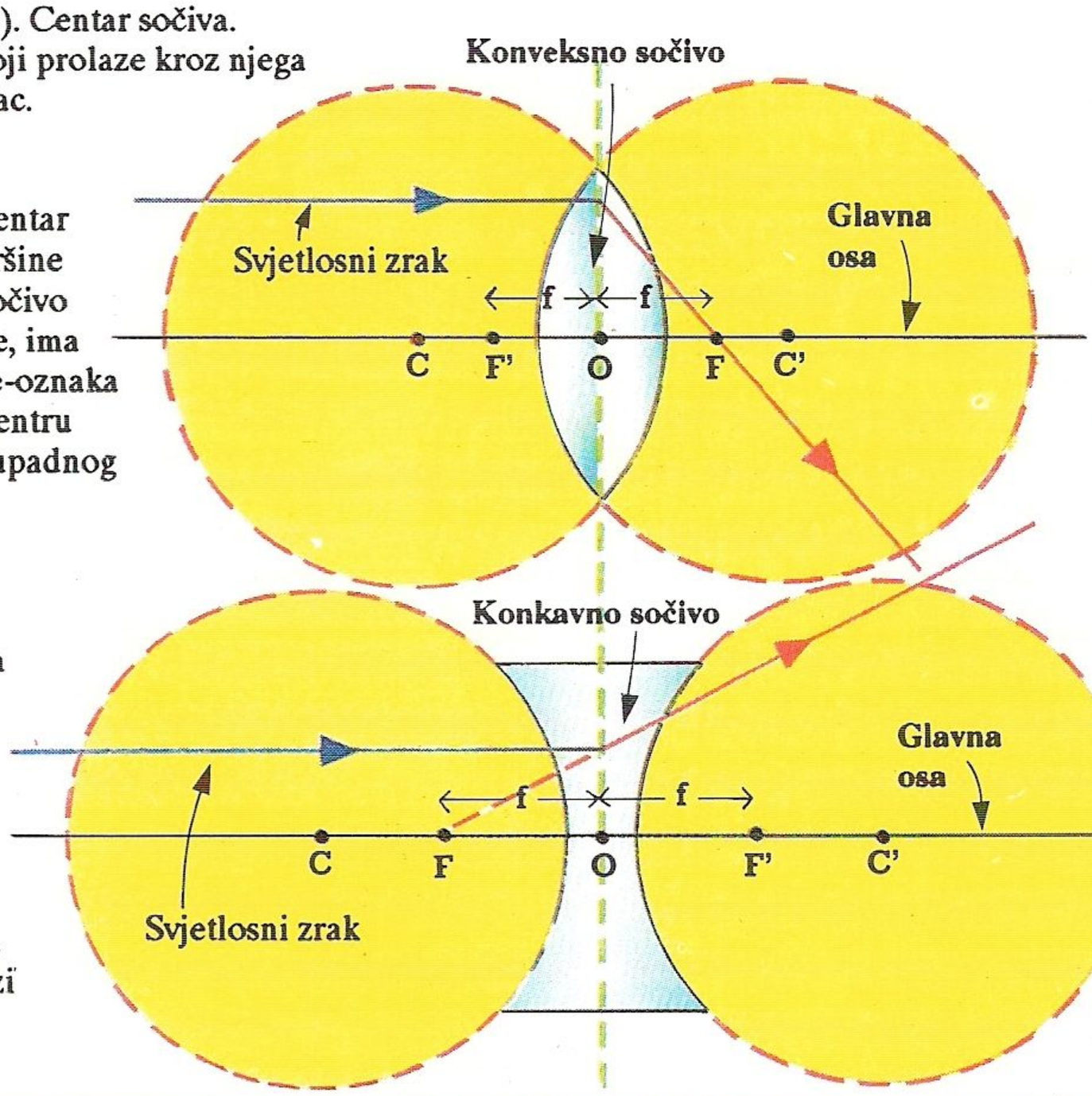
Tačke koje se koriste da se konstruišu prelomljeni zraci (vidi i str.48). Sva prikazana sočiva su tanka (tj. debljina sočiva je mala u poređenju sa fokalnom daljinom). Iako se zraci prelamaju i pri ulasku i pri izlasku, nacrtani su kao da se prelamaju samo jednom na vertikalnoj liniji koja prolazi kroz optički centar.

Optički centar (O). Centar sočiva. Svjetlosni zraci koji prolaze kroz njega ne mijenjaju pravac.

Centar krivine. Centar sfere dio čije površine je sočivo. Pošto sočivo ima dvije površine, ima dva centra krivine-oznaka C se uvijek daje centru krivine na strani upadnog svjetlosnog zraka (druga je C').

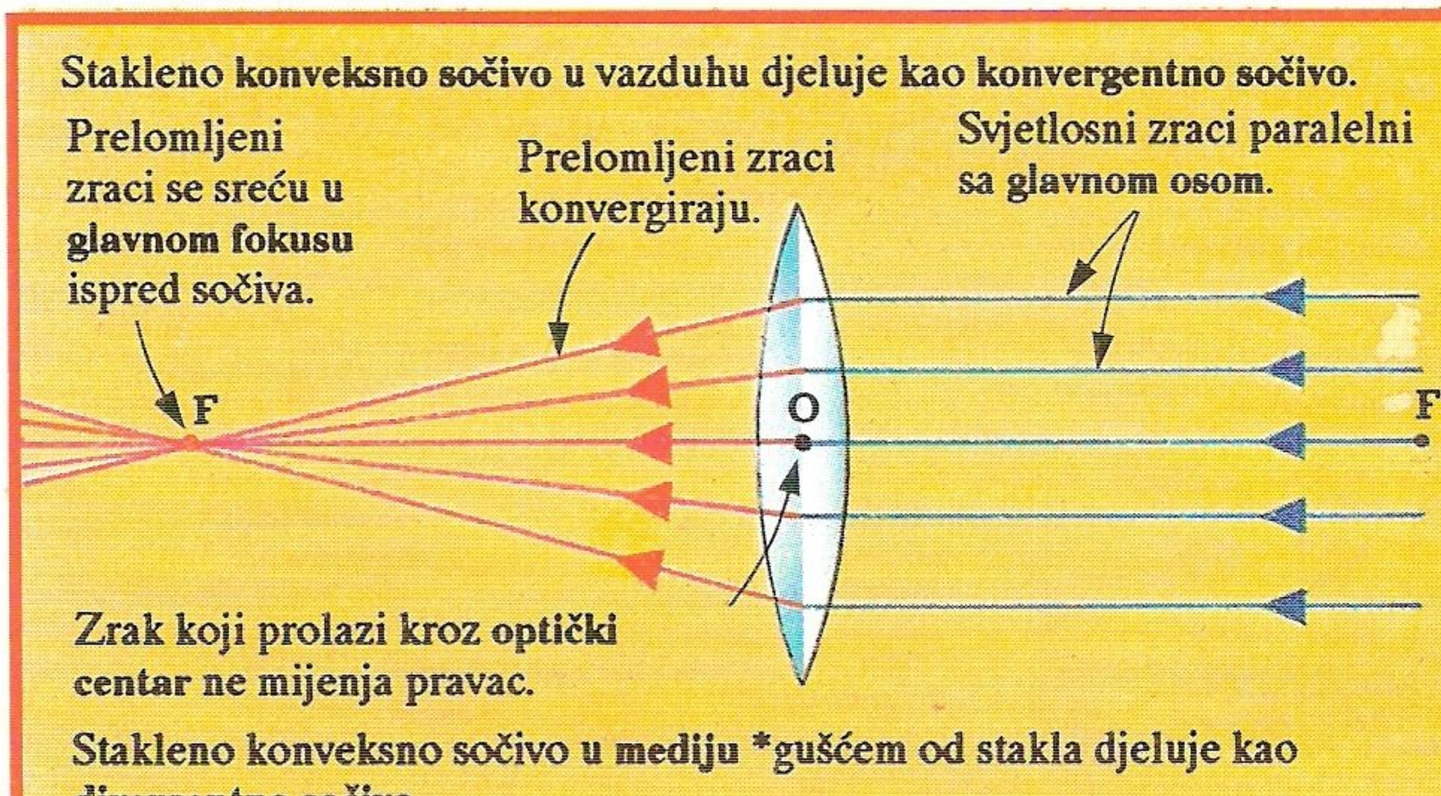
Glavna osa. Prava linija koja prolazi kroz centre krivina i optički centar.

Otvor (apertura). Kroz njega prolazi svjetlost da dođe do sočiva.



Glavni fokus ili žiža. Tačka na glavnoj osi. Paralelni zraci blizu ose lome se tako da konvergiraju u glavnom fokusu (konvergentna sočiva) ili se čini da divergiraju iz njega (divergentna sočiva). Pošto svjetlost može ući u sočivo i sa druge strane, postoje dva glavna fokusa. Oznaka F se uvijek odnosi na glavni fokus, u kojem zraci konvergiraju ili se čini da iz njega divergiraju (druga je F').

Fokalna (žižna) daljina (f). Udaljenost između glavnog fokusa i optičkog centra.



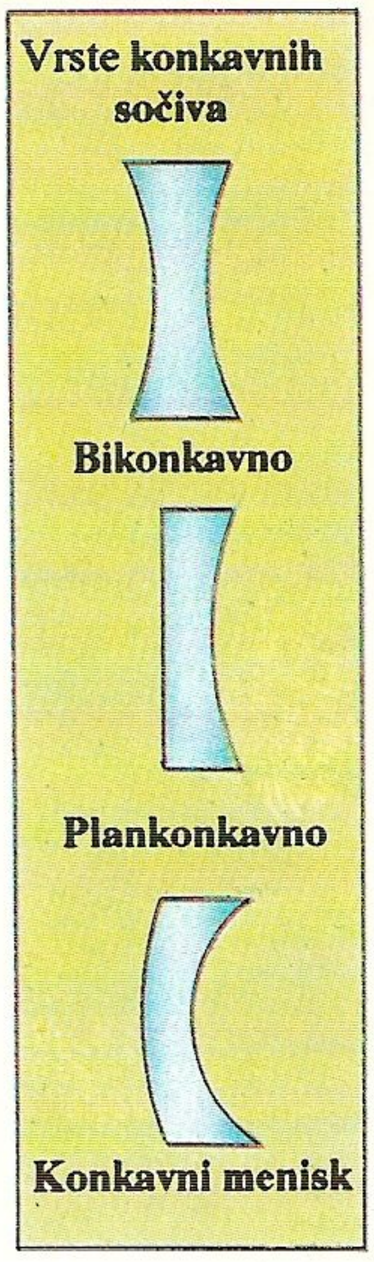
●**Konvergentno sočivo.** Sočivo koje paralelne zrake koje na njega padaju skuplja (konvergira) u **glavnom fokusu** na njegovoj drugoj strani. I konkavna i konveksna sočiva mogu djelovati kao konvergentna sočiva, što zavisi od **indeksa prelamanja*** sočiva u odnosu na okolni **medij***.

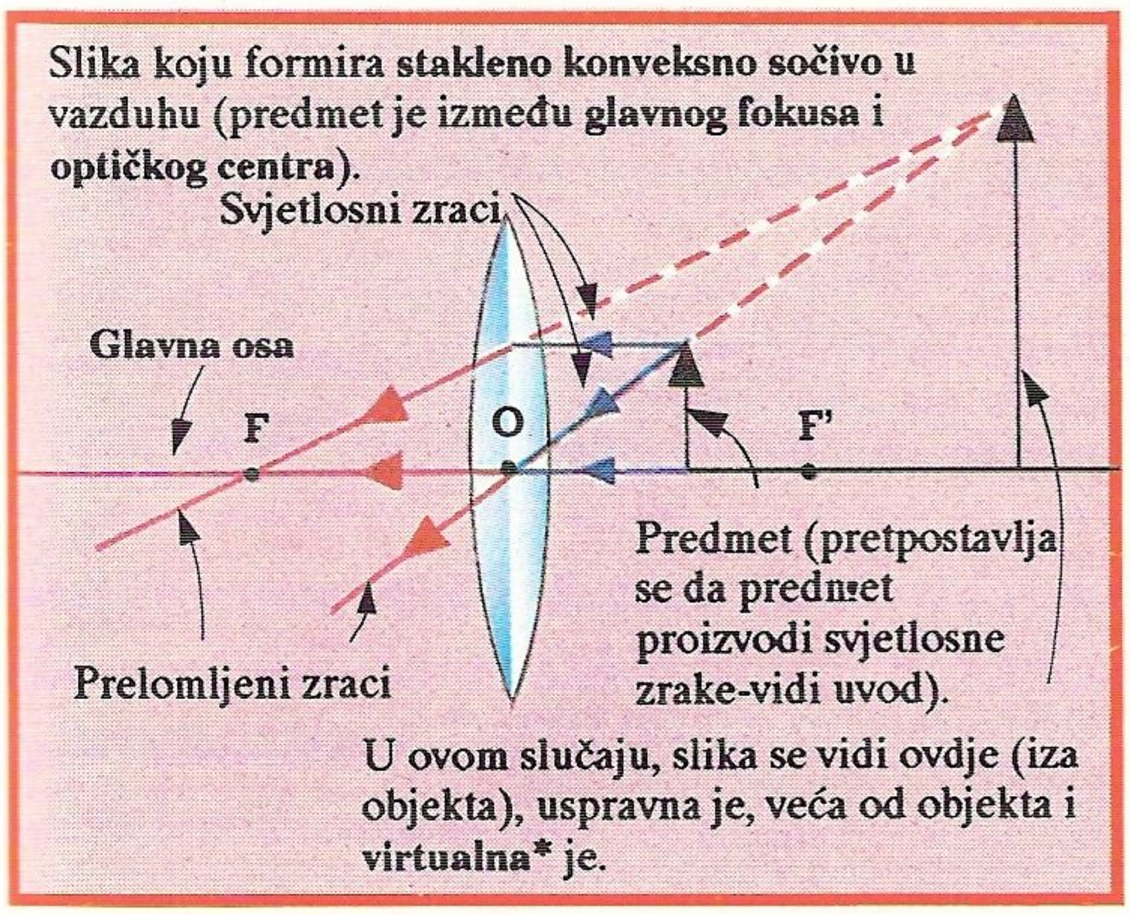
* **Medij**, 115; **Formula za ogledalo**, 49; **Indeks prelamanja**, 37.

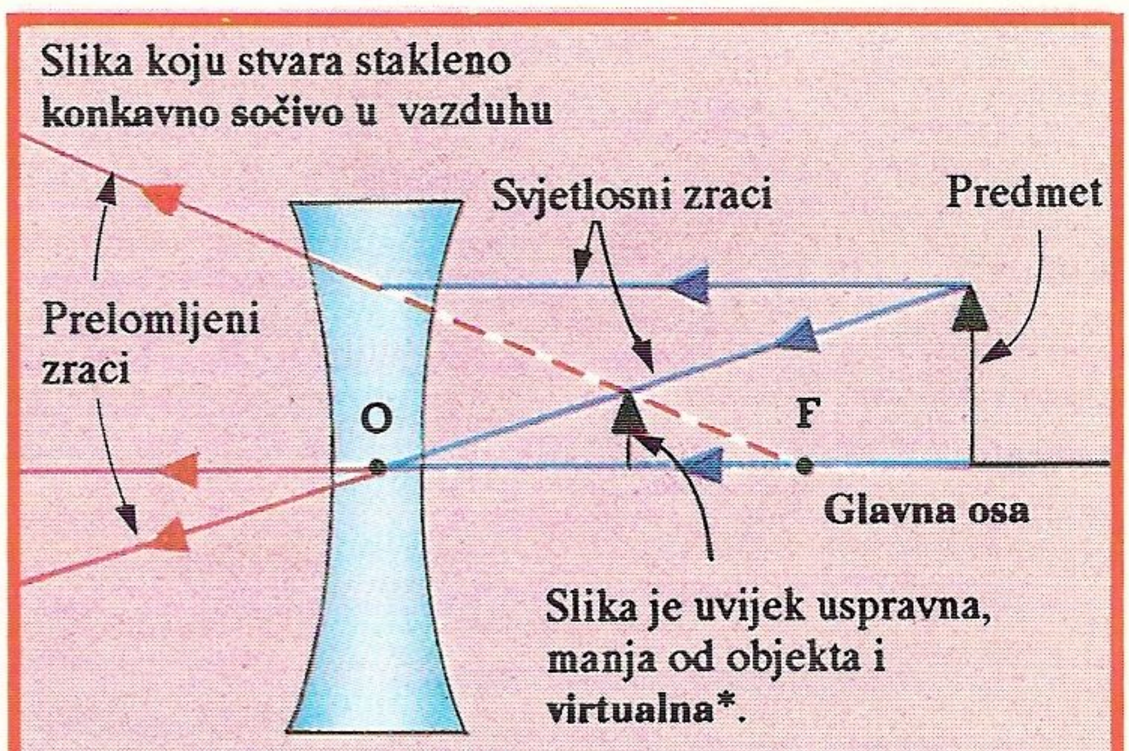
● **Konveksno sočivo.** Sočivo sa bar jednom površinom zakrivljenom prema van. Sočivo čija je jedna površ zakrivljena prema unutra, a jedna prema van jeste konveksno ako je njegova sredina deblja od njegovih vanjskih ivica (to je **konveksni menisk***). Stakleno konveksno sočivo u vazduhu djeluje kao **konvergentno sočivo.** Veličina, položaj i vrsta slike koju ono stvara (**realna*** ili **virtualna***) zavise od njegove udaljenosti od predmeta.



● **Konkavno sočivo.** Sočivo koje ima barem jednu zakrivljenu površinu prema unutra. Sočivo sa jednom površinom zakrivljenom prema unutra i jednom prema napolje je konkavno ako je njegova sredina tanja od vanjskih ivica (to je **konkavni menisk**). Stakleno konkavno sočivo u vazduhu djeluje kao **divergentno sočivo.** Položaj predmeta u odnosu na sočivo može varirati, ali slika je uvijek istog tipa.



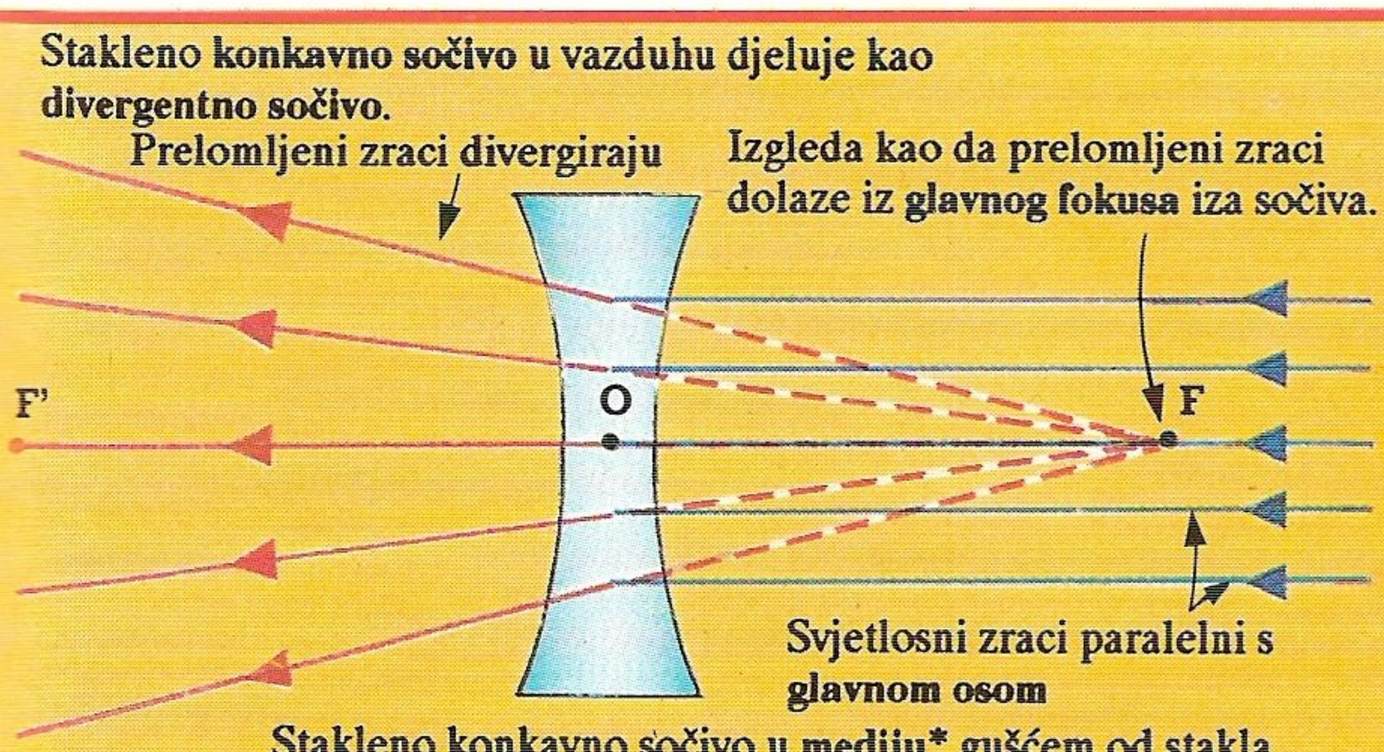




● **Jačina-optička moć (P).** Sposobnost sočiva da konvergira ili divergira svjetlosne zrake izražena u **dioptrijama** (kada se **fokalna daljina** mjeri metrima). Što je kraća fokalna daljina to je sočivo jače.

$$P = \frac{1}{f}$$

gdje je P=**jačina sočiva,**
f=**fokalna daljina**



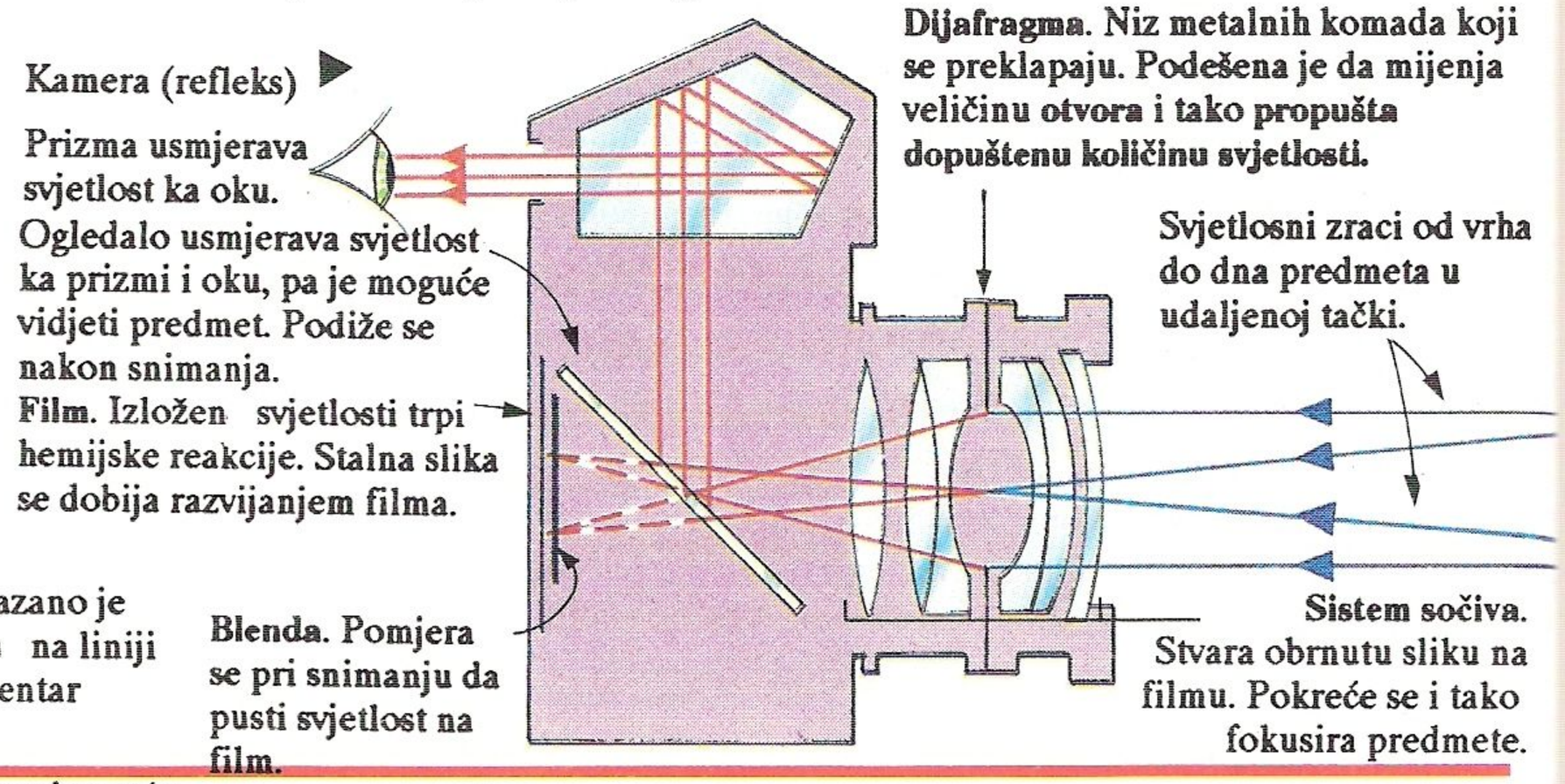
● **Divergentno sočivo.** Sočivo koje paralelne zrake koje padaju na njega divergira tako da izgleda da dolaze iz **glavnog fokusa** na istoj strani gdje zraci ulaze. I **konkavna** i **konveksna sočiva** mogu djelovati kao divergentna sočiva u zavisnosti od **indeksa prelamanja*** sočiva u odnosu na okolni **medij***.

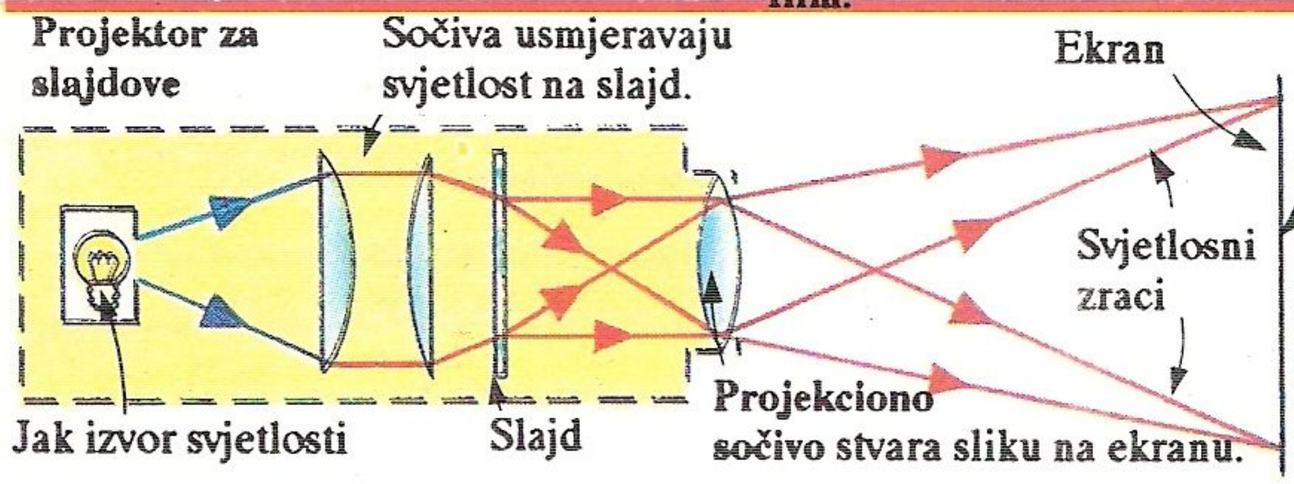
* **Medij**, 115; **Realna slika**,49 (Slika); **Indeks prelamanja**, 37; **Virtualna slika**, 49 (Slika).

Optički instrumenti

Optički instrument je uređaj u kojem svjetlost koja pada na jedno ili više **sočiva*** ili **zakrivljenih ogledala*** stvara željeni tip slike nekog predmeta. Dolje su nabrojeni neki od najuobičajenijih optičkih instrumenata.

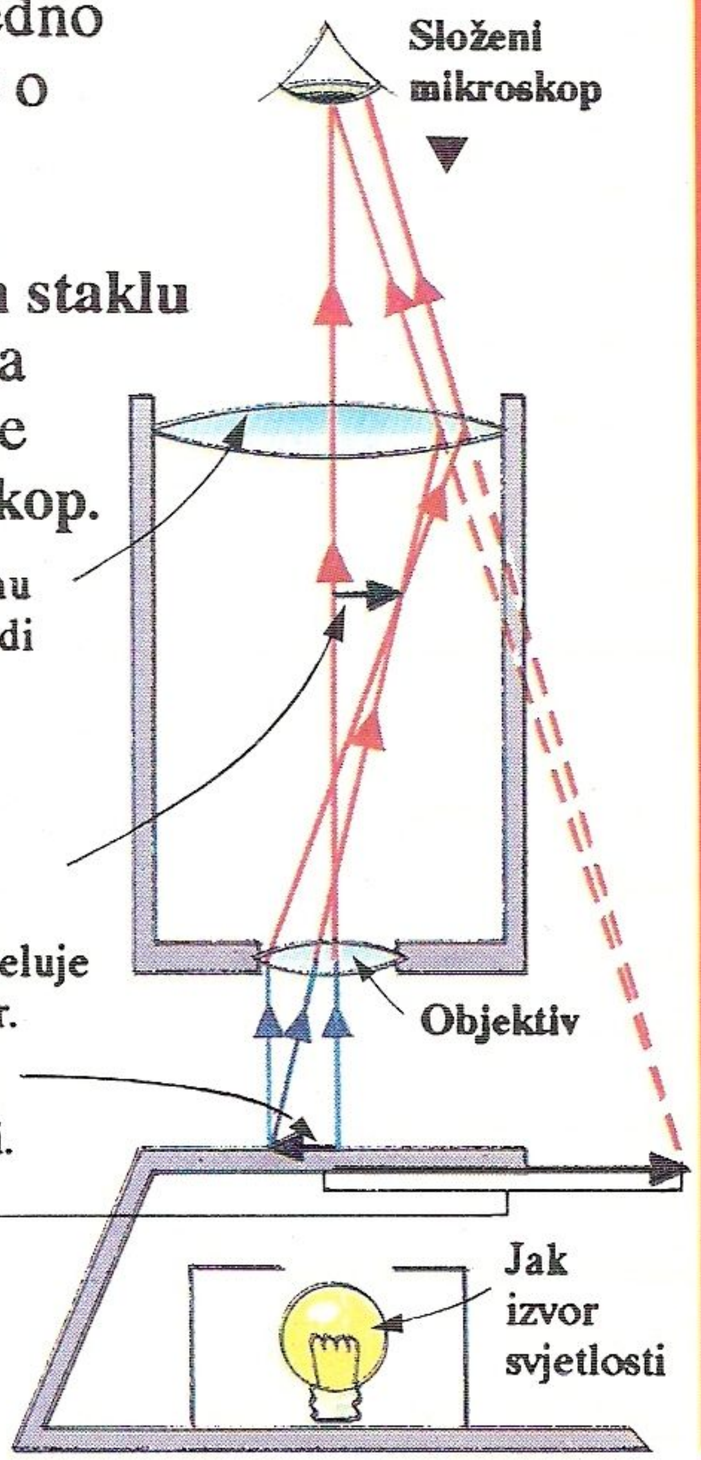
● **Kamera.** Optički instrument koji se upotrebljava da stvori i prikaže sliku nekog predmeta na filmu. Slika je obrnuta i **realna***.





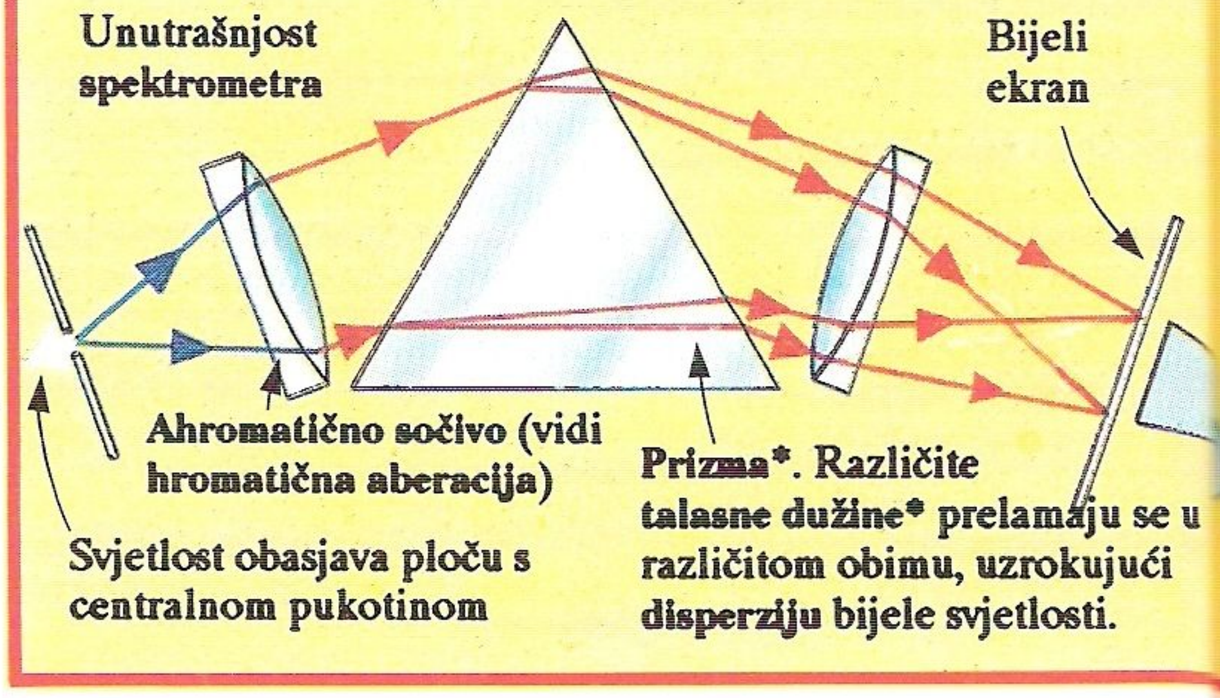
● **Projektor za slajdove.** Optički instrument koji stvara uvećanu sliku slajda.

● **Mikroskop.** Optički instrument koji uvećava veoma male predmete. Ako postoji samo jedno **sočivo***, radi se o **jednostavnom mikroskopu** ili **uvelićavajućem staklu** (**lupa**). Ako ima više sočiva, to je **složeni mikroskop.**



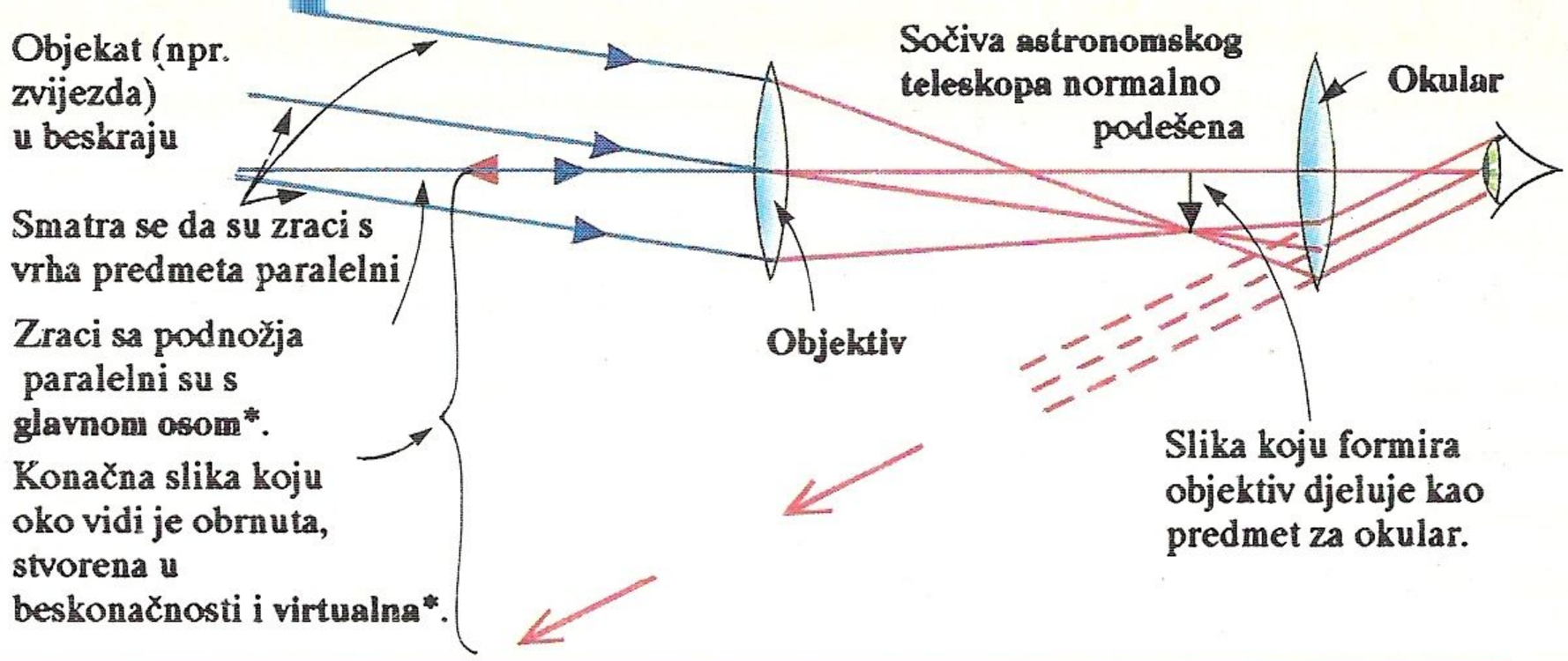
Boja

Kada sve **talasne dužine* vidljive svjetlosti** (vidi str.45) padaju u oko istovremeno, vidi se bijela svjetlost. Međutim, bijela svjetlost pokazuje disperziju - **prelamanjem*** se razlaže na spektar vidljive svjetlosti (tj. različite talasne dužine). Ovo se može desiti slučajno, (vidi **hromatska aberacija**) ili se može izazvati namjerno, npr. pomoću **spektrometra.**



* **Zakrivljena ogledala**, 48; **Sočiva**, 52; **Prizma**, 51; **Realna slika**, 49 (**Slika**); **Prelamanje**, 50; **Virtualna slika**, 49 (**Slika**); **Talasna dužina**, 34.

● **Teleskop.** Optički instrument koji se koristi da veoma udaljene (i zato naizgled veoma male objekte) poveća.



● **Vidni ugao.** Ugao pod kojim zraci dolaze do oka od vrha i podnožja predmeta ili njegove slike. Što je veći vidni ugao to izgledaju veći predmet ili slika. Optički instrumenti koji povećavaju npr.**mikroskopi**, to postižu stvarajući sliku čiji je vidni ugao veći od vidnog ugla pod kojim se predmet posmatra golim okom. **Ugaono uvećanje** ili **moć povećavanja** (vidi dolje) takvog instrumenta je veličina za koju on može povećati vidni ugao.

$$\text{Ugaono uvećanje} = \frac{\text{vidni ugao slike}}{\text{vidni ugao predmeta}}$$

● **Hromatska aberacija.** Svijetao krug boja (**spektar vidljive svjetlosti**-vidi dolje lijevo) koji je nekada vidljiv oko slika koje se vide kroz sočivo. To se javlja uslijed **disperzije** (vidi **boja**). Da bi se to izbjeglo, kvalitetni optički instrumenti imaju jedno ili više **ahromatičnih sočiva.** Svako od njih se sastoji od dva sočiva kombinovana tako da jedno od njih uvijek koriguje disperziju koju izazove drugo sočivo.

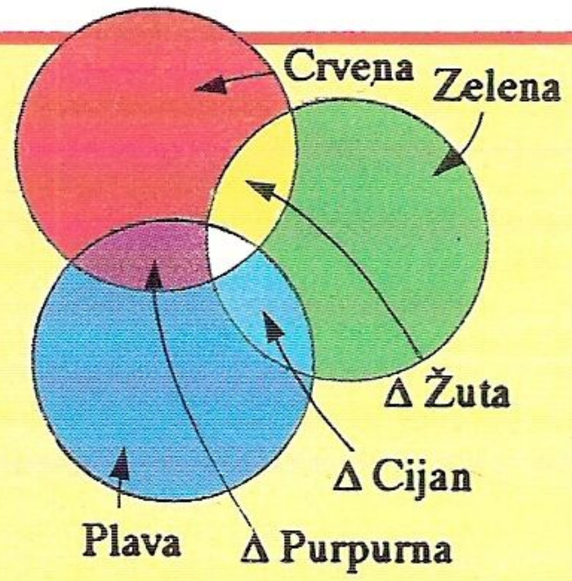
● **Spektar vidljive svjetlosti.** Prikaz boja koje daje snop bijele svjetlosti. Svaka obojena traka predstavlja mali raspon **talasnih dužina*** - vidi **vidljiva svjetlost**, str.45.



Primarne boje

Δ=sekundarne boje (kombinacija primarnih boja)

Komplementarne boje.Bilo koje dvije boje koje pomiješane daju bijelu svjetlost.



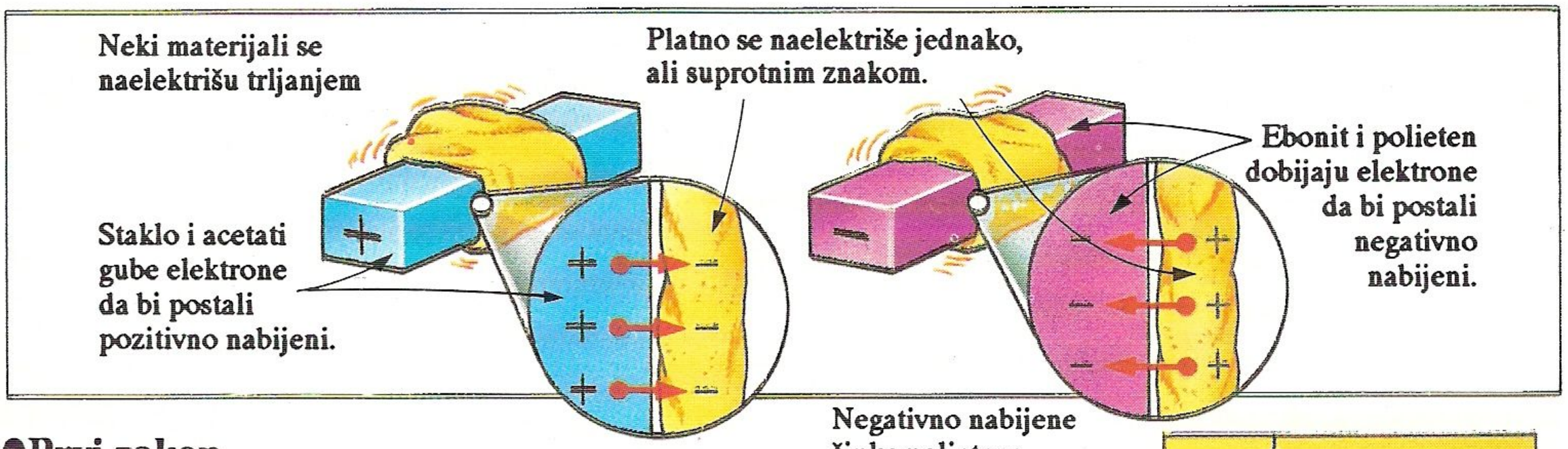
● **Primarne boje.** Crvena, plava i zelena svjetlost su boje koje se ne mogu napraviti kombinovanjem drugih. Pomiješane u jednakom omjeru daju bijelu svjetlost. Kombinovanjem u pravim omjerima može se dobiti svaka boja u **spektru vidljive svjetlosti.** Zapamtite da su to čiste primarne boje - crvena, plava i žuta osnovne u umjetnosti, samo djeluju kao primarne boje, ali nisu čiste.

● **Miješanje boja.** Ako se bijela svjetlost usmjeri na filter obojen čistom bojom, samo svjetlost iste boje (raspon **talasnih dužina***) kao filter prolazi kroz njega (ostale su apsorbovane). Ovo je **subtraktivno miješanje** boja ili **miješanje subtrakcijom.** Ako se svjetlost dvije različite boje izdvojene na ovaj način usmjeri na bijelu površinu, oko će vidjeti treću boju (mješavinu ove druge dvije). To je **aditivno (dodatno) miješanje ili miješanje boja dodavanjem.**

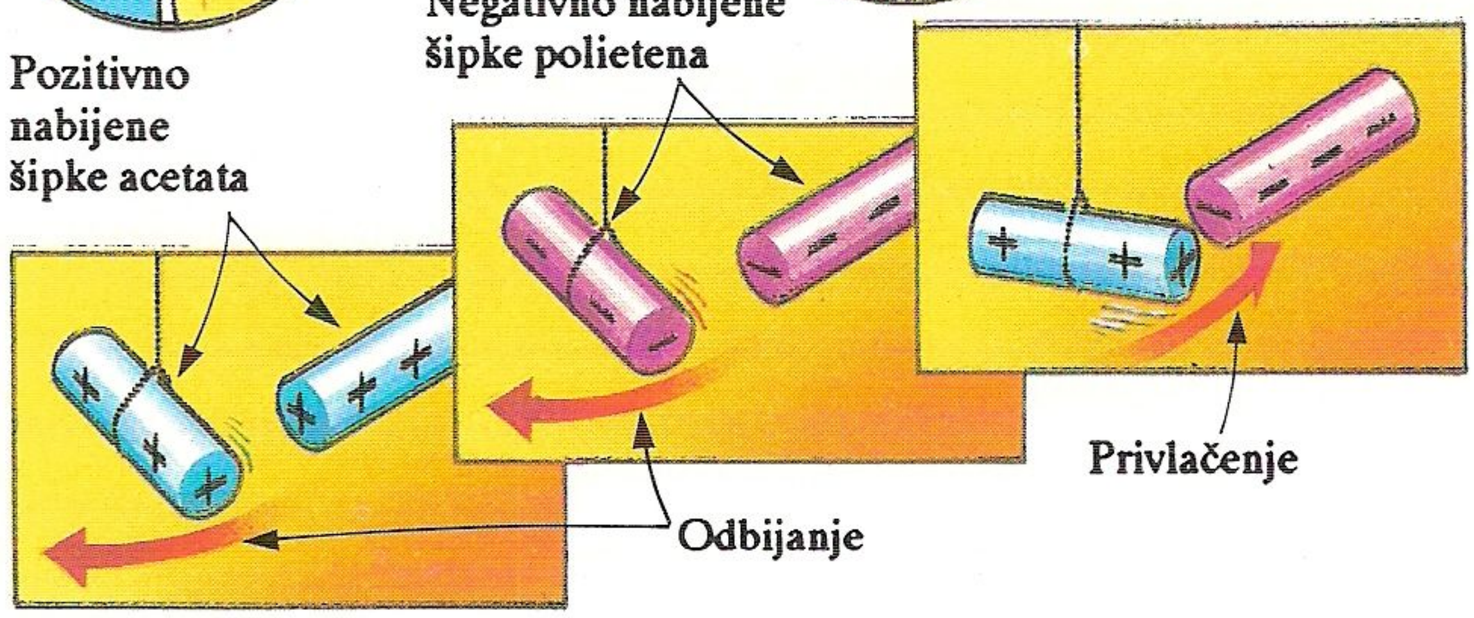
* **Glavna osa**, 52; **Virtualna slika**, 49 (Slika); **Talasna dužina**, 34.

Statički elektricitet

Elektricitet je fenomen koji je prouzrokovan postojanjem ili kretanjem električno nabijenih čestica (**elektrona*** ili **jona***) koje djeluju **elektromagnetnom silom***. Za materijal se kaže da je negativno nabijen ako ima višak elektrona, a pozitivno ako ima manjak elektrona. **Električna struja** (vidi str.60) je kretanje naelektrisanih čestica kroz materijal i stoga je ona transfer naboja - suprotno tome je **statički elektricitet.** Za njega se može reći da je elektricitet koji materijal sa električnim nabojem "zadržava".



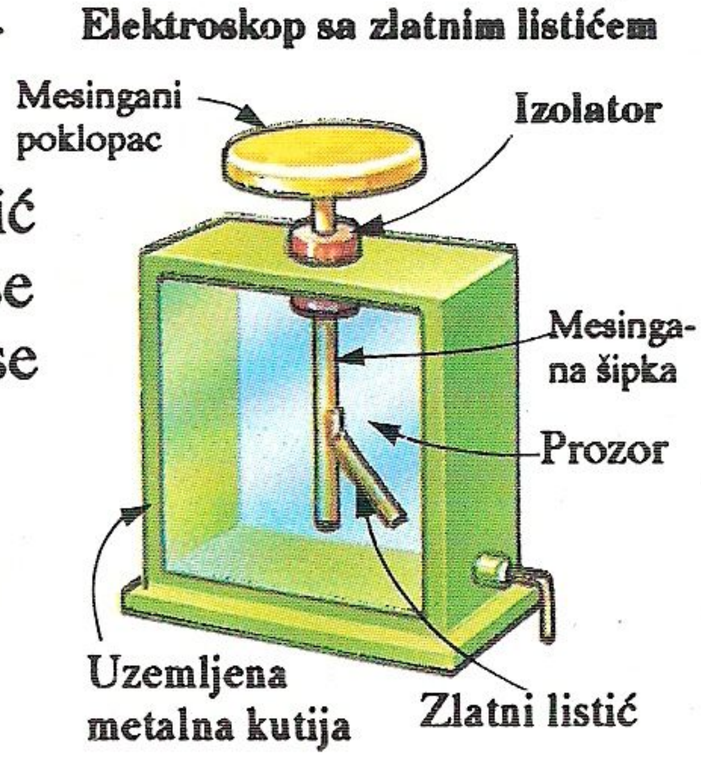
- **Prvi zakon elektrostatike.** Naboji istog znaka se odbijaju, a suprotnog privlače. Nabijena čestica uvijek **indukcijom** privlači nenabijenu.

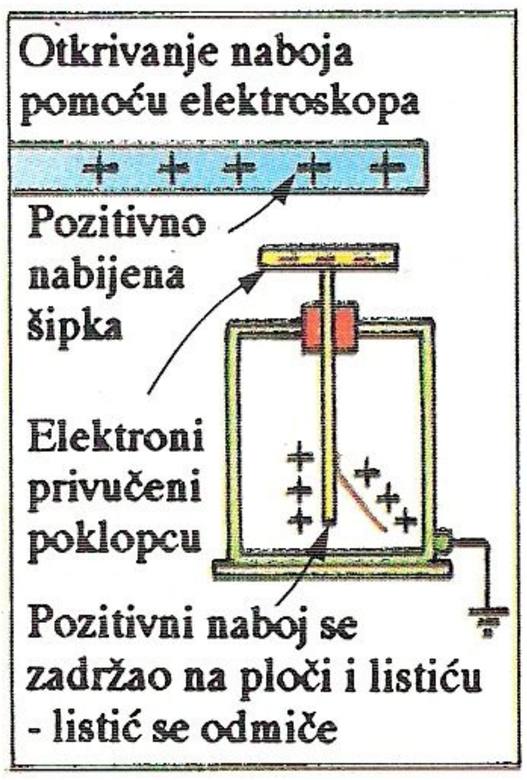


- **Provodnik.** Materijal koji sadrži veliki broj slobodnih elektrona (vidi **provodljivost**, str.62). Zato može **provoditi** elektricitet (teče **električna struja**, vidi uvod). Dobri provodnici su metali, npr. bakar, aluminijum, zlato.

- **Izolator.** Materijal sa vrlo malo ili bez slobodnih elektrona (tj. loš **provodnik**). Neki izolatori postaju električno nabijeni kada ih protrljamo, jer se elektroni sa atoma na površini prenose sa jedne supstance na drugu, ali naboj ostaje na površini.

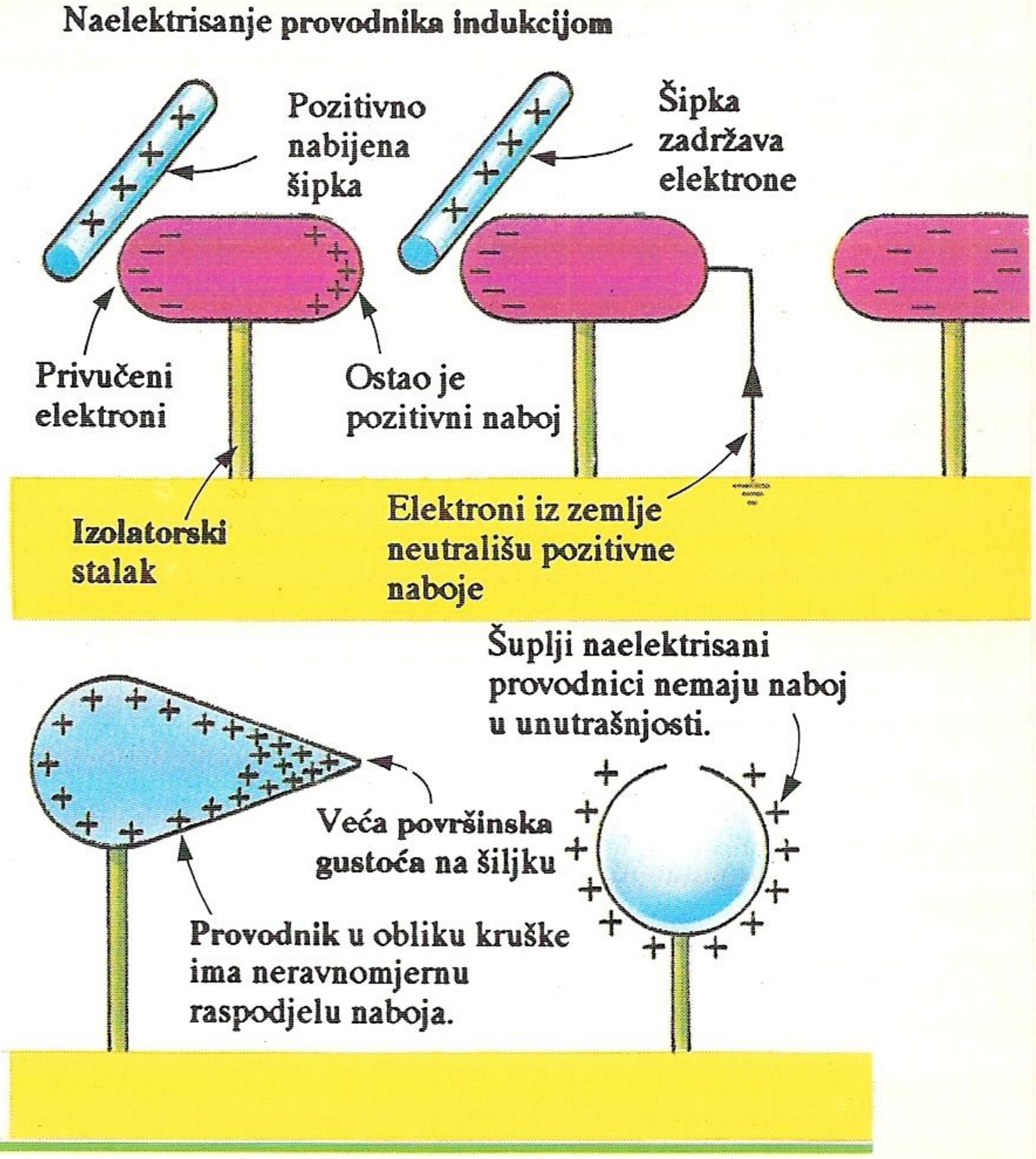
- **Elektroskop.** Instrument za otkrivanje malih količina električnog naboja. **Elektroskop sa zlatnim listićem** je najuobičajeniji. Kada se listić i šipka naelektrišu, odbijaju se, i listić se odmiče od šipke. Što su veći naboji to se listić više odmiče. **Elektroskop s kondenzatorom** sadrži **kondenzator*** između poklopca i kutije, što povećava osjetljivost.



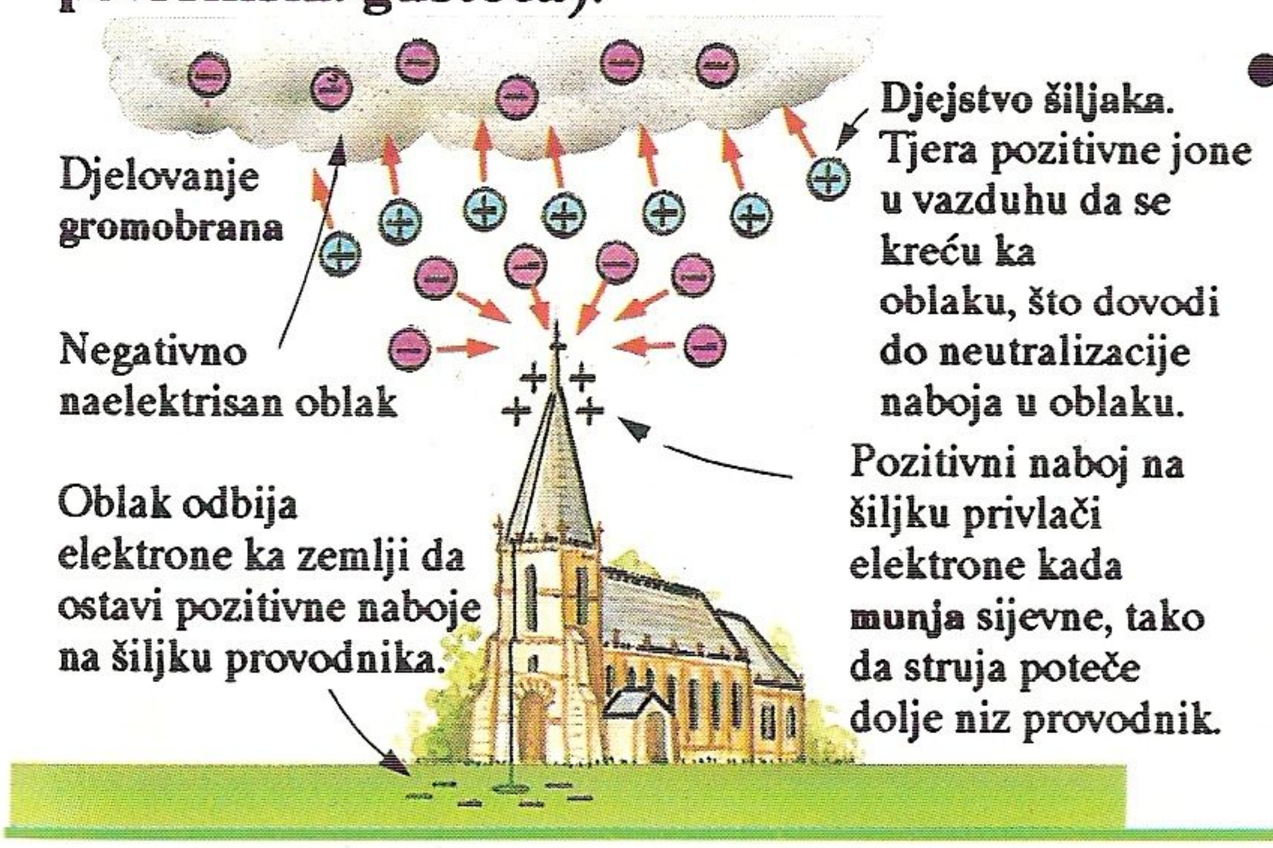


* **Kondenzator**, 59; **Električna sila**, 6; **Elektroni**, 83; **Joni**, 88 (**Jonizacija**).

- **Indukcija ili elektrostatička indukcija.** Proces u kojem **provodnik** postaje naelektrisan pomoću drugog naboja, ali bez kontakta. Općenito, naboji su inducirani u raznim dijelovima tijela uslijed odbijanja i privlačenja. Uklanjanjem jednog tipa naboja tijelo ostaje permanentno naelektrisano.
- **Probna pločica.** Mali disk napravljen od **provodnika**, montiran na ručku od **izolatora**. Upotrebljava se za prenos naboja među tijelima.
- **Površinska gustoća.** Količina naboja po jedinici površine tijela. Veća je tamo gdje je površina zakrivljenija, uslijed čega su naboji koncentrirani na šiljcima (vidi **djejstvo šiljaka**). Samo sfera ima konstantnu površinsku gustoću naboja.

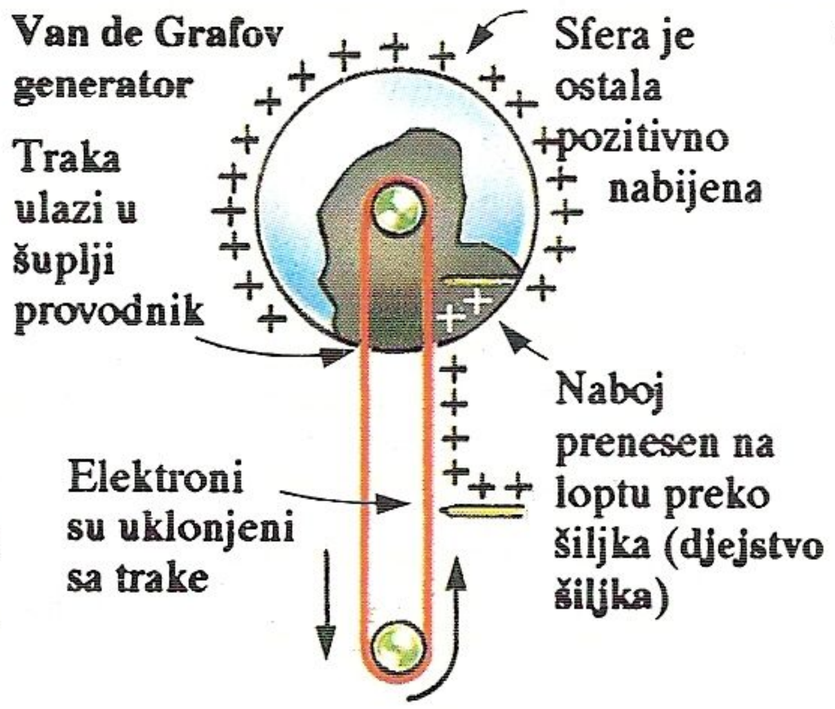


- **Djejstvo šiljaka.** Djejstvo (efekat) koje nastaje oko šiljaka na površini pozitivno nabijenog tijela. Pozitivne jone u vazduhu odbija jaki naboj na šiljku (vidi **površinska gustoća**). Oni se sudaraju sa molekulama vazduha i izbacuju elektrone da bi stvorili još pozitivnih jona koji se također odbijaju. Rezultat toga je **električni vjetar** molekula vazduha.



- **Munja.** Iznenadni tok elektriciteta iz oblaka koji je naelektrisan trenjem molekula vode i molekula vazduha. **Provodnik munje (gromobran)** ima funkciju da poništi naboj na oblaku **djejstvom šiljka** i da sprovede tok elektriciteta do zemlje, tako da ne prolazi kroz zgrade. Udar munje je sličan efektu **cijevi za električno pražnjenje***.

- **Van de Grafov generator.** Uređaj koji se koristi za stvaranje električnog naboja iz **mehaničke energije***. Pokretna traka skuplja naboje ili pomoću trenja ili iz drugog električnog izvora i odlaže ih na izolovani provodnik.



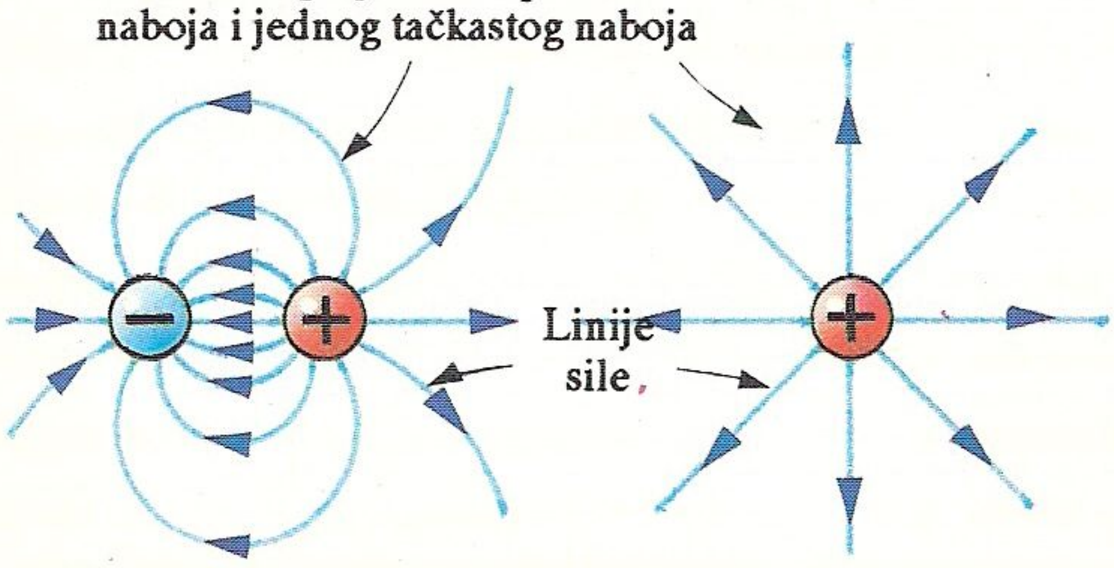
- **Elektrofor.** Uređaj koji se sastoji od negativno naelektrisanog **izolatora** i mesingane ploče na izolatorskoj ručki. Upotrebljava se za proizvodnju izvjesnog broja pozitivnih naboja iz jednog negativnog.

* **Cijev za električno pražnjenje**, 80; **Mehanička energija**, 9.

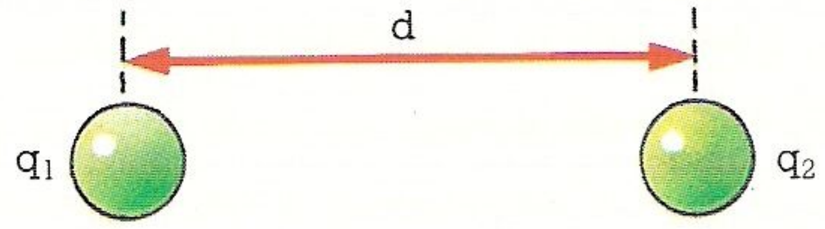
Potencijal i kapacitet

Uslijed razlike u naboju između proizvoljnih tačaka, nastaje **električno polje**, tj. **polje sile***, u kojem na nabijene čestice djeluje **električna sila***. Intenzitet električnog polja u nekoj tački je sila na jedinicu pozitivnog naboja u toj tački, a pravac je onaj duž kojega bi se kretao (vidi i str.104-107). Naelektrisana tijela u električnom polju imaju **potencijalnu energiju*** (zove se i **potencijal** kada se odnosi na elektricitet) zbog njihovog položaja.

Električna polja dva suprotna naboja i jednog tačkastog naboja



Električna sila*

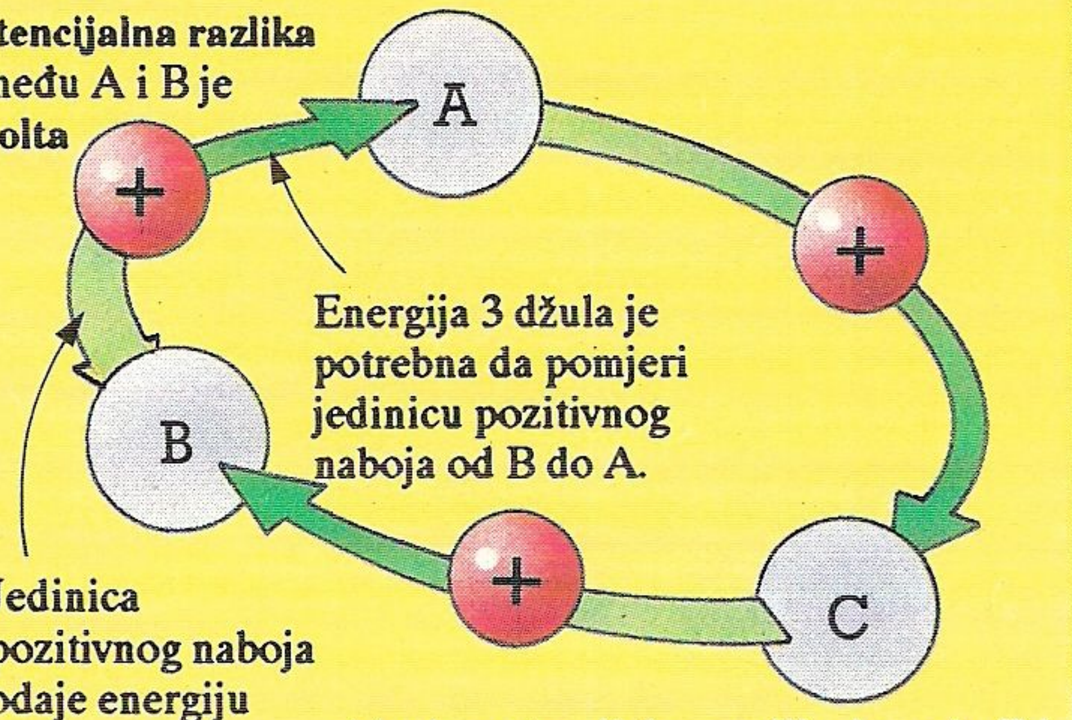


$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

gdje je F=električna sila*, q_1,q_2=količina naboja, d=udaljenost

- **Potencijal.** Energija povezana s nabojem u nekoj tački u električnom polju nastaloj zahvaljujući sili koja na njega djeluje (slično **potencijalnoj energiji*** mase nastaloj uslijed **gravitacione sile***). Energija naboja zavisi od njegove količine, a potencijal od njegovog položaja. Pozitivni naboj teži da se kreće prema tačkama s nižim potencijalom. To je kretanje niz **gradijent potencijala**. Potencijal se ne može mjeriti, ali se može mjeriti **potencijalna razlika** između dvije tačke.

Potencijalna razlika između A i B je 3 volta

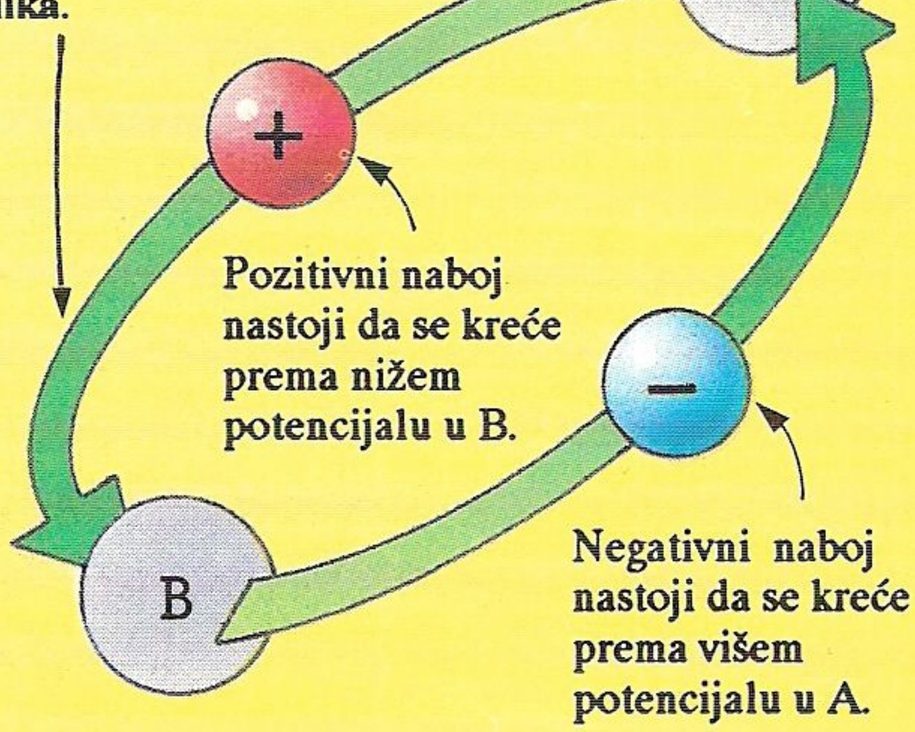


Jedinica pozitivnog naboja odaje energiju 3 džula kada se kreće od A do B.

Ako je potencijalna razlika između B i C jednaka 2 volta onda je potencijalna razlika između A i C jednaka 5 volti.

▼

A je na višem potencijalu od B, zato između njih postoji potencijalna razlika.

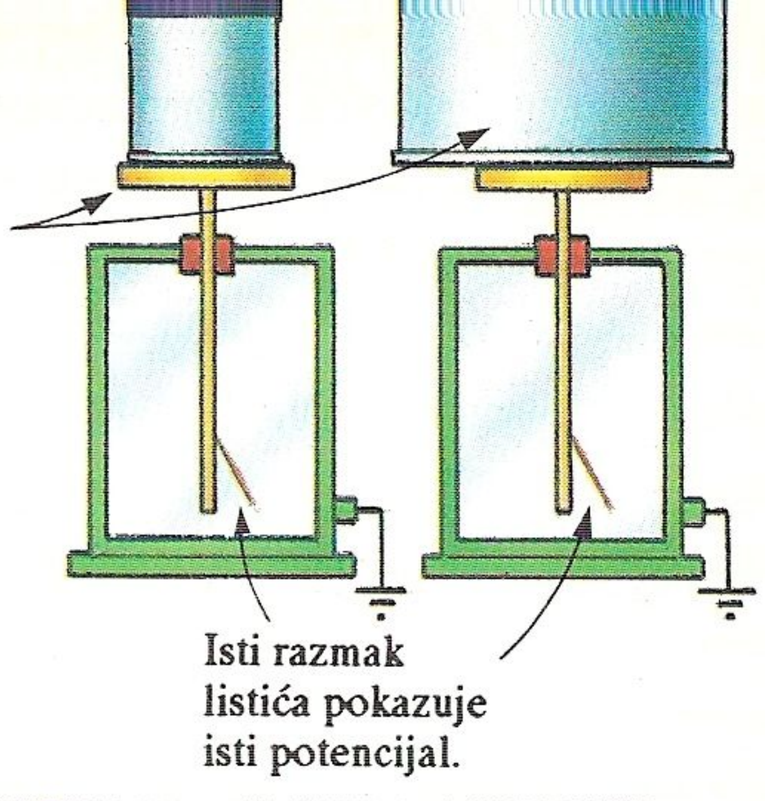


- **Razlika potencijala.** Razlika **potencijala** između dvije tačke jednaka je promjeni energije pri kretanju jedinice pozitivnog naboja od jednog mjesta do drugog u električnom polju. Jedinica potencijalne razlike je **volt** (potencijalna razlika se ponekad zove **voltaža**). Promjena energije od jednog džula postoji ako naboj od jednog **kulona*** prelazi razliku potencijala od jednog volta. Referentna tačka (obično uzemljenje) bira se tako da ima vrijednost potencijala nula.
- **Ekvipotencijalna površina.** Površina na kojoj je **potencijal** konstantan.

* **Kulon**, 60;**Električna sila**, **Gravitaciona sila**, 6; **Potencijalna energija**, 8.

Kapacitet

Kada se **provodnik*** naelektriše, njegov **potencijal** se promijeni. **Kapacitet** je odnos količine naboja koju tijelo primi i odgovarajućeg porasta potencijala. Tijelo s većim kapacitetom treba veću količinu naboja da promijeni svoj potencijal za istu vrijednost nego tijelo sa manjim kapacitetom.



Dvije različite metalne posude imaju različit **kapacitet.**

Veća posuda mora primiti veću količinu naboja (Q) da bi imala isti **potencijal** (V) - ona ima veći kapacitet.

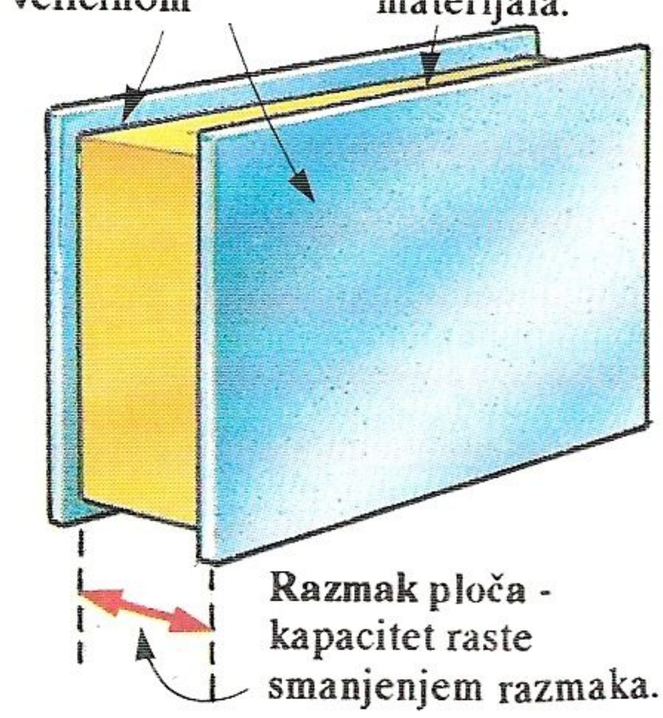
Isti razmak listića pokazuje isti potencijal.

$$C = \frac{Q}{V}$$

gdje je C = **kapacitet**, Q = količina naboja, V = **potencijal**

- **Farad.** Jedinica kapaciteta. To je kapacitet tijela čiji se potencijal poveća za jedan volt kada primi količinu naboja od jednog **kulona***.

- **Kondenzator.** Uređaj u kojem se skuplja električni naboj. Sastoji se od dvije paralelne metalne ploče odvojene izolacionim materijalom koji se zove **dielektrik.** Kapacitet kondenzatora zavisi od toga koji je dielektrik upotrijebljen, pa se on bira u skladu sa potrebnim kapacitetom i fizičkim oblikom.

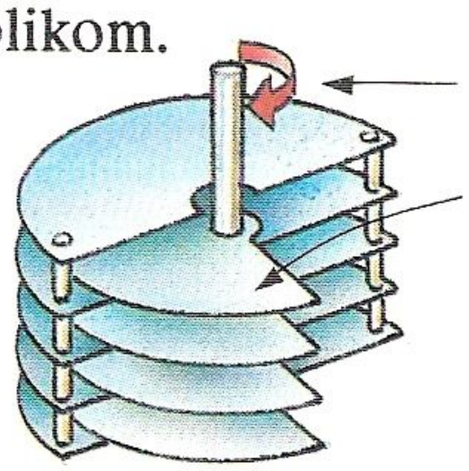


Kondenzator Metalne ploče - kapacitet raste s veličinom

Dielektrik - kapacitet zavisi od upotrebljenog materijala.

Razmak ploča - kapacitet raste smanjenjem razmaka.

- **Dielektrična konstanta.** Odnos kapaciteta **kondenzatora** sa datim **dielektrikom** prema kapacitetu istog kondenzatora s vakuumom između ploča. Ta vrijednost je faktor kojim se kapacitet povećava upotrebom određenog dielektrika umjesto vakuuma (vazduh se ponaša gotovo kao vakuum).



Promjenljivi kondenzator

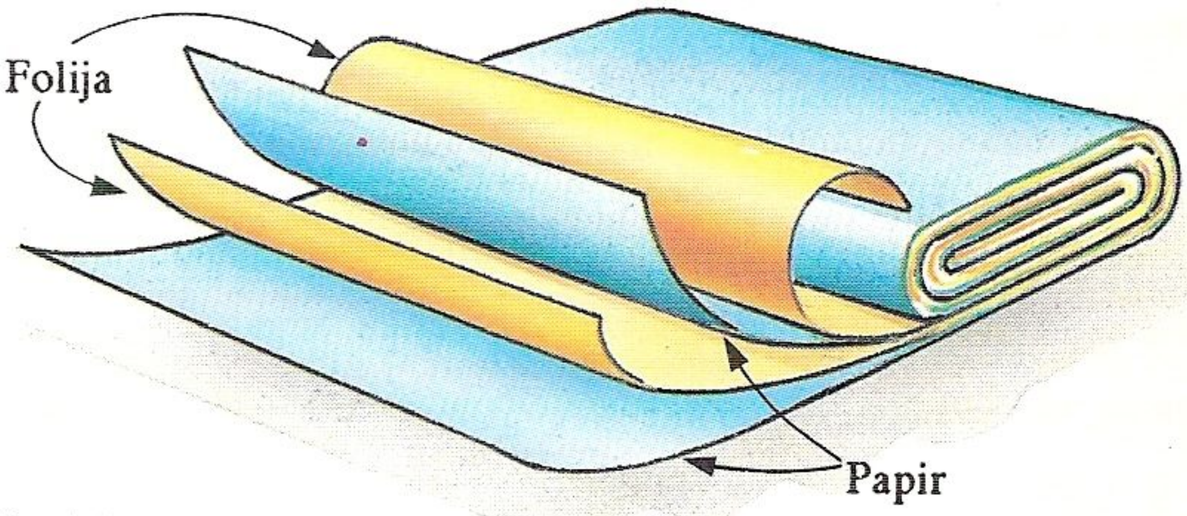
Lopatice se obrću da bi se mijenjale veličine površine između njih.

Promjenljivi kondenzatori se upotrebljavaju za podešavanje kola u radio - aparatu.

- **Promjenljivi kondenzator.** Kondenzator koji se sastoji od dva kompleta pričvršćenih lopatica, često sa vazdušnim dielektrikom. Izmjena veličine prostora među lopaticama mijenja kapacitet.

- **Papirnati kondenzator.** Napravljen od dvije duge folije odvojene tankim voštanim papirnim dielektrikom. Na isti način su napravljeni **poliesterski kondenzatori.** ▶

Papirnati ili poliesterski kondenzator



- **Elektrolitski kondenzator.** **Kondenzator** sa **dielektrikom** u vidu paste ili želea koji mu daju veoma visoki kapacitet na malom prostoru. Zbog prirode dielektrika, kondenzator mora biti na pravilan način povezan sa izvorom napajanja.

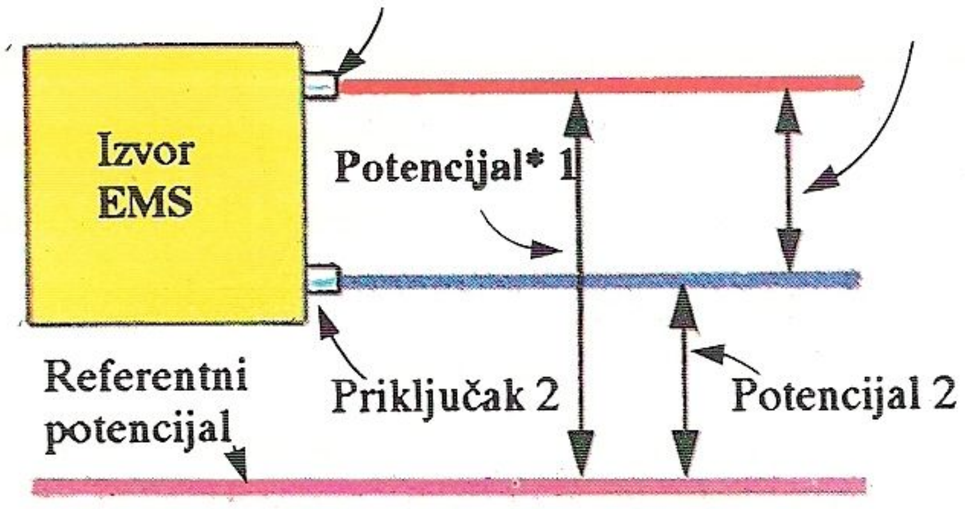
- **Lajdenska posuda.** Sastoji se od staklene posude koja je unutra i izvana obložena folijom. To je jedan od prvih kondenzatora.

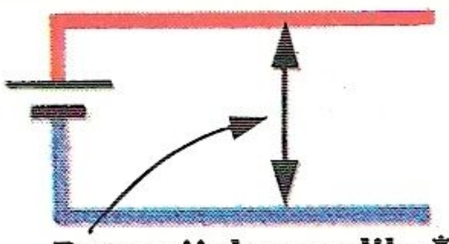
* **Provodnik**, 56; **Kulon**, 60.

Električna struja

Električna struja (I) predstavlja usmjereni tok naelektrisanih čestica, npr. elektrona (negativno nabijene čestice - vidi str. 83) kroz neki materijal i prenošenje električnog naboja na taj način. Elektroni se kreću usmjereno samo ako su u **električnom polju*** koje stvara razliku **potencijala*** između dva mjesta. Zato je potrebna **razlika potencijala*** da bi se ostvarila električna struja. **Strujno kolo** je zatvoreni krug koji se sastoji od izvora struje i jedne ili više komponenata kroz koje teče struja.

●**Elektromotorna sila (EMS)**. Potencijalna razlika koju **proizvode ćelija***, **baterija*** ili **generator***, što prouzrokuje tok struje kroz kolo. Izvor EMS ima dva **priključka (pola)** (gdje su žice povezane) između kojih se uspostavlja potencijalna razlika. **Povratna EMS** je EMS koju proizvodi komponenta strujnog kola koja se suprotstavlja glavnoj EMS.

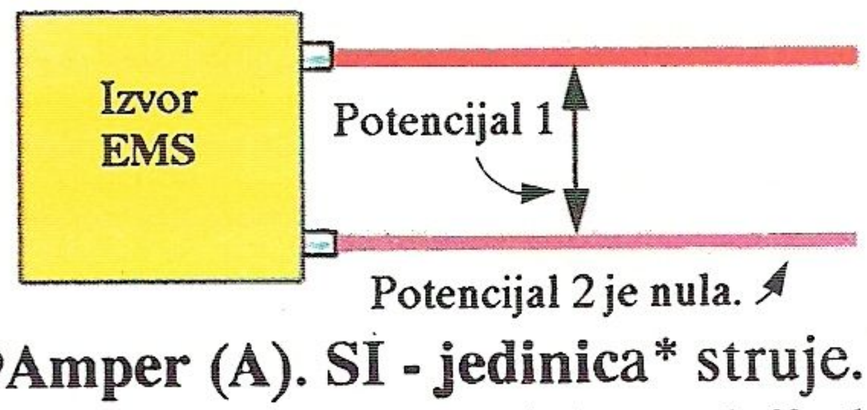


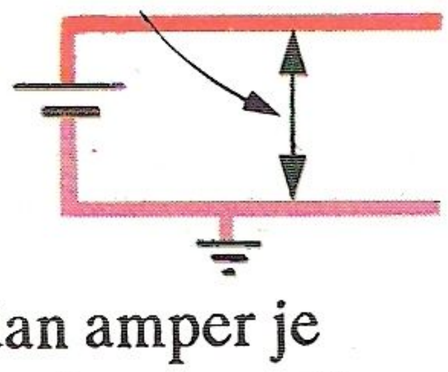


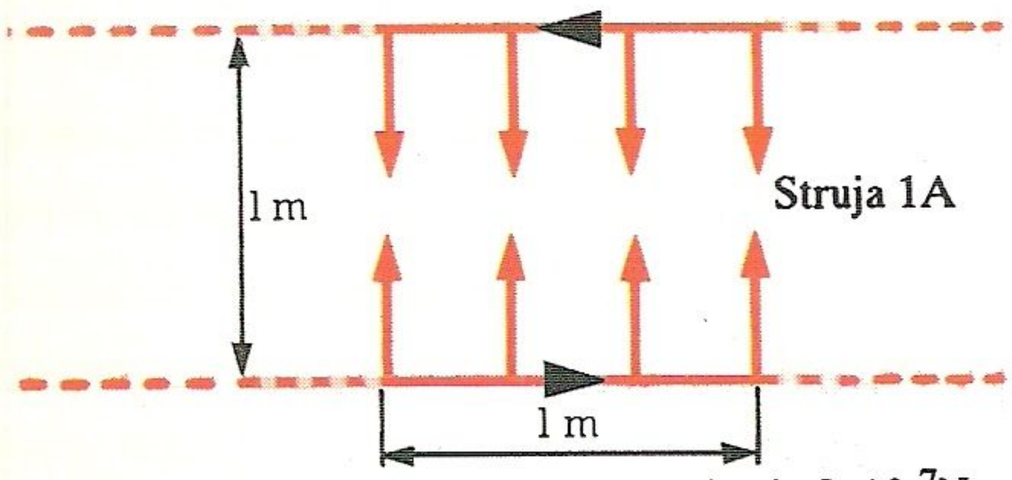
Potencijalna razlika* između dvije žice koju proizvodi **baterija***

Jedan **priključak** je povezan s referentnim **potencijalom***

Potencijal viši od referentnog uzrokovan baterijom.







Sila između svakog metra žice je $2 \cdot 10^{-7}$N

●**Amper (A). SI - jedinica*** struje. Jedan amper je struja koja prolazeći kroz dvije beskrajno duge žice, postavljene u vakuumu na udaljenosti od jednog metra proizvodi silu od $2 \cdot 10^{-7}$ njutna po metru dužine (vidi i str. 96). Struja se tačno utvrđuje pomoću **elektrodinamičke vage**, koja mjeri (primjenjujući gornju definiciju) silu između dva kalema žice kroz koje teče struja. **Ampermetri*** se **kalibriraju*** pomoću elektrodinamičke vage.

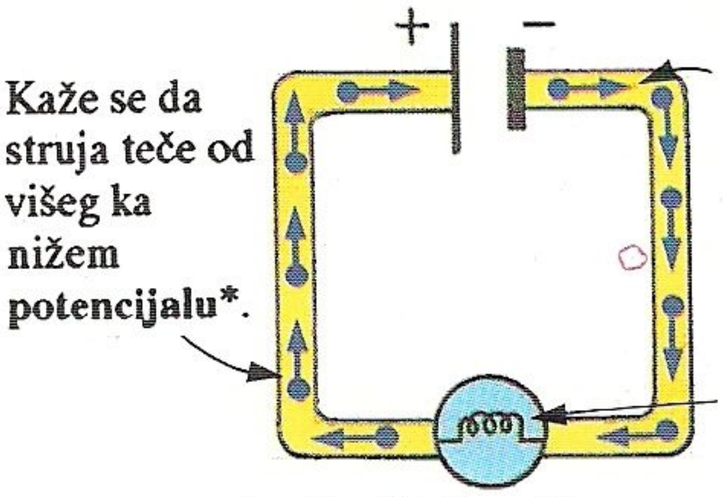
●**Kulon. SI - jedinica** električnog naboja. Jednaka je količini naboja koji prođe kroz neku tačku u provodniku ako jedan **amper** teče kroz provodnik u jednoj sekundi.

$$Q = I \cdot t$$

gdje je Q = naboj koji prolazi kroz presjek u **kulonima**, I = struja, t = vrijeme

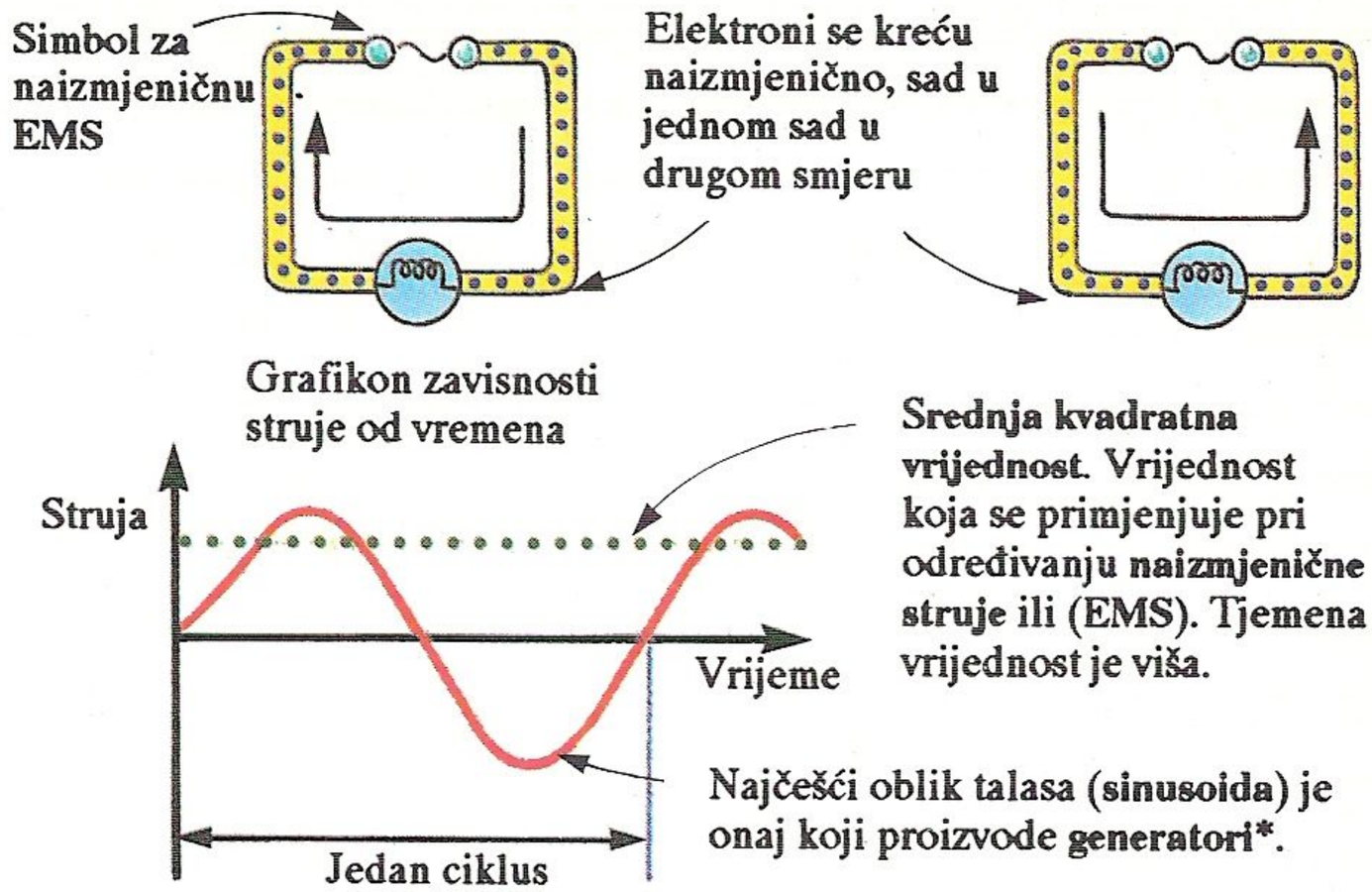
●**Jednosmjerna struja (d.c)**. Struja koja teče samo u jednom smjeru. Prvobitno se smatralo da struja teče od tačke sa višim ka tački sa nižim **potencijalom***. Elektroni se, u stvari, kreću obrnutim putem, ali je zadržana ta konvencija.

Ćelija* ili baterija* stvaraju EMS i izazivaju tok jednosmjerne struje.



*Ampermetar, 77; Baterija, 68; Kalibriranje, 115; Ćelija, 68; Električno polje, 50; Sijalica, 64; Generator, 78; Potencijal, Potencijalna razlika, 58; SI - jedinice, 96.

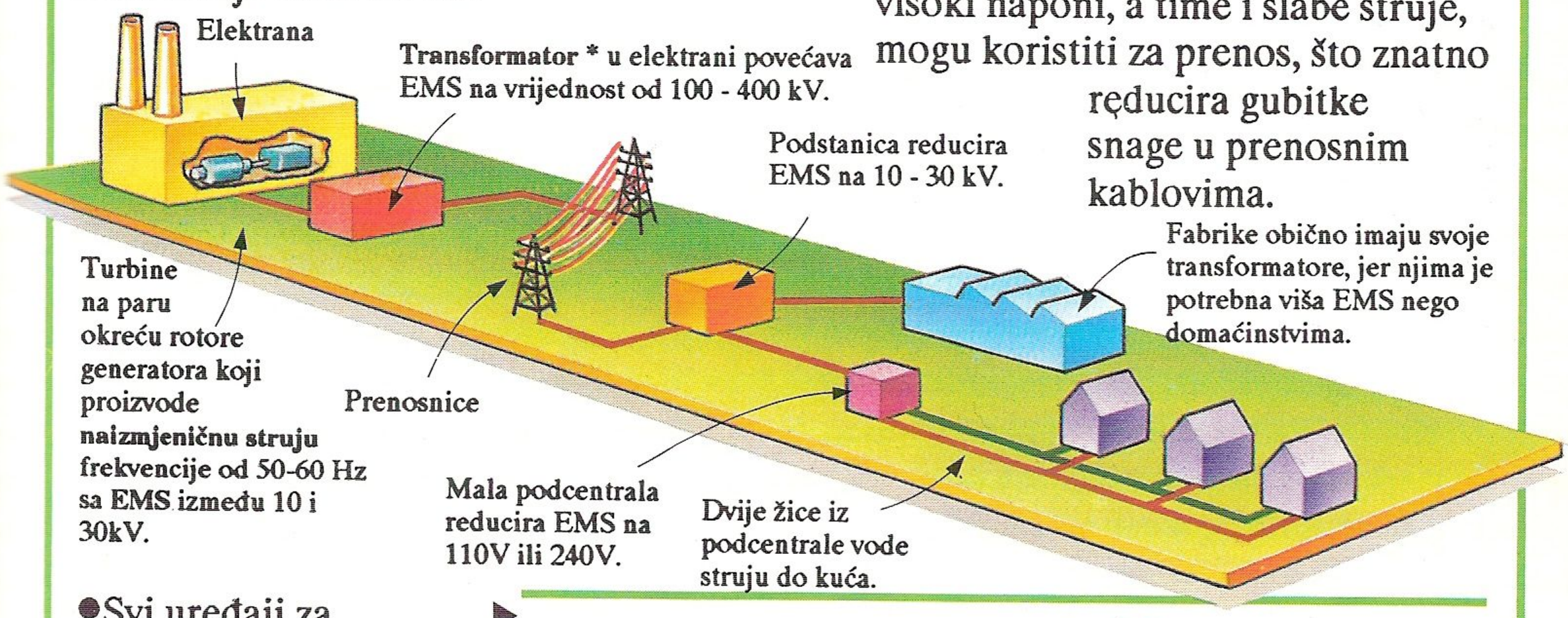
- **Naizmjenična struja (a.c.).** Struja čiji se pravac u strujnom kolu mijenja u pravilnim intervalima. Izaziva je promjenjiva **elektromotorna sila.** Grafikon zavisnosti struje od vremena ima oblik talasa. Naizmjenične struje i elektromotorne sile se obično izražavaju kao njihove **srednje kvadratne vrijednosti** (vidi sliku desno).



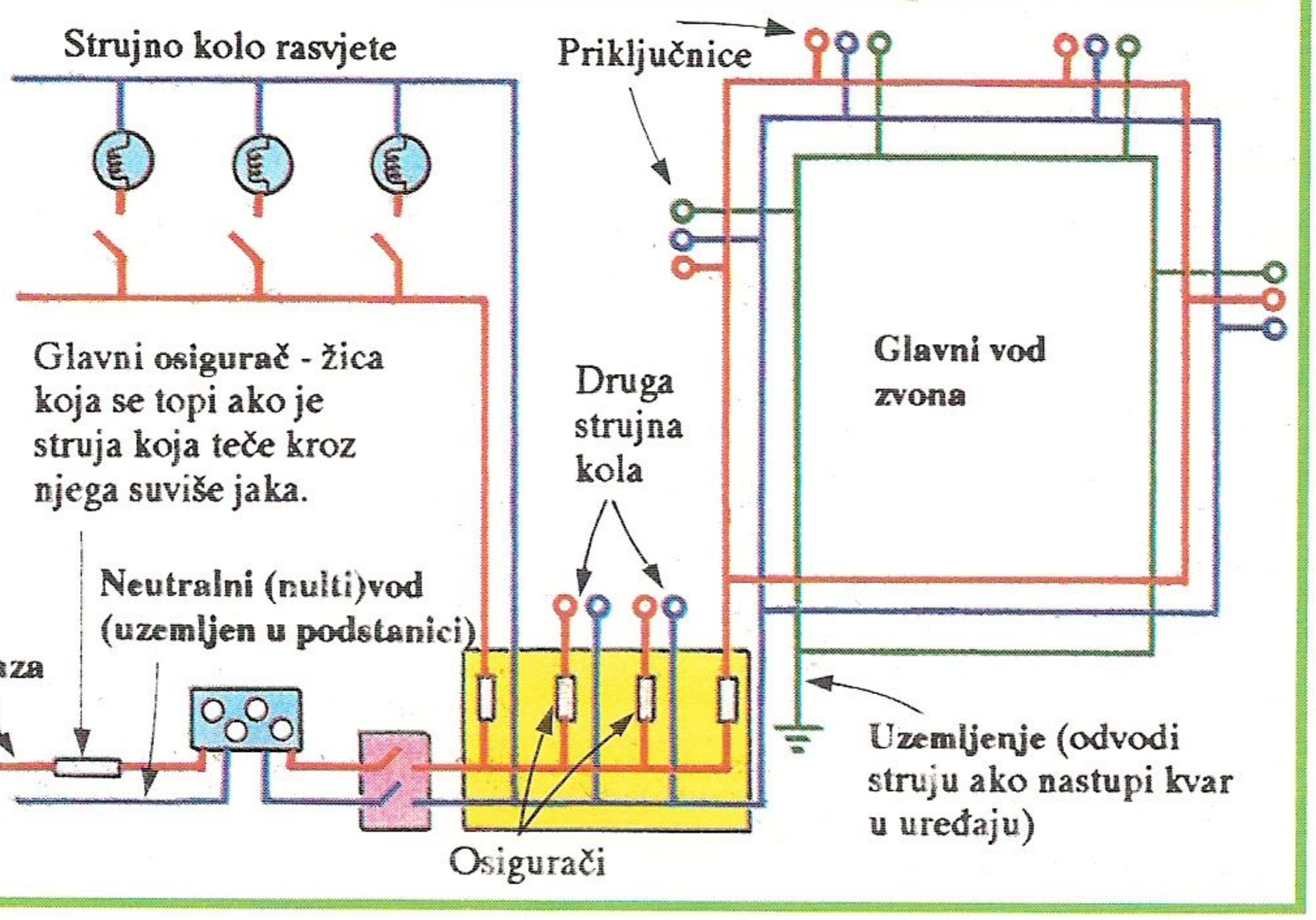
Snabdijevanje strujom

Električna struja za upotrebu u domaćinstvu i industriji se proizvodi u elektranama pomoću velikih **generatora***. Oni proizvode **naizmjeničnu** struju frekvencije 50 ili 60 Hz.

Naizmjenična struja se za razliku od **jednosmjerne**, može lako **transformisati** (vidi **transformator,** str. 79) tako da stvori veće ili manje **potencijalne razlike***. To znači da se visoki naponi, a time i slabe struje, mogu koristiti za prenos, što znatno reducira gubitke snage u prenosnim kablovima.



- Svi uređaji za snabdijevanje strujom u domaćinstvu sastoje se od barem dvije žice iz podcentrale duž kojih teče **naizmjenična struja.** U nekim slučajevima jedna žica je uzemljena u podstanici, tako da je nad zemljom samo jedna žica na **potencijalu*** različitom od nule. U nekim zemljama postoji i dodatna uzemljena žica kao mjera sigurnosti.

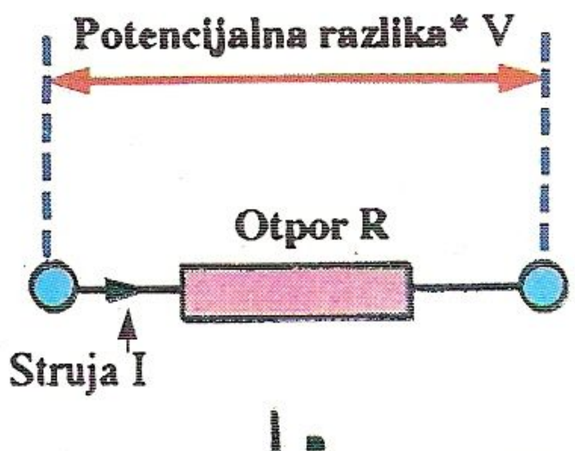


*Generator, 78; Potencijal, Potencijalna razlika, 58; Transformator za povećanje, 79.

Sve o struji

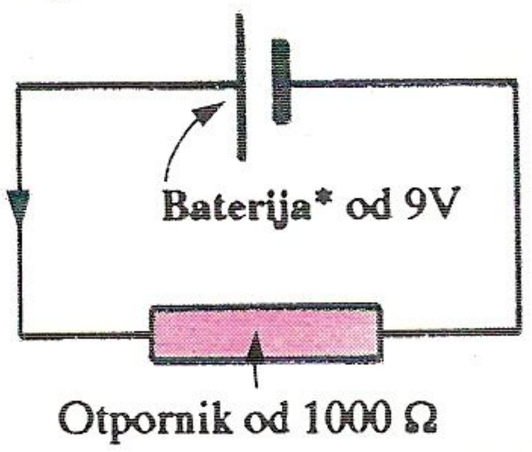
Jačina struje koja teče kroz strujno kolo zavisi od vrste komponenata u strujnom kolu kao i od **elektromotorne sile***. Otpor komponenata i magnetno i električno polje stvaraju smetnje toku struje.

- **Omov (G. Ohm) zakon** . Električna struja u tijelu pri konstantnoj temperaturi je proporcionalna **potencijalnoj razlici*** na njegovim krajevima. Odnos potencijalne razlike i električne struje je **otpor** tijela. Da bi se zakon mogao primijeniti, tijelo mora biti pri konstantnoj temperaturi, jer će ga električna struja zagrijati, što će promijeniti njegov otpor (vidi i **sijalica s niti za žarenje**, str. 64). Omov zakon ne važi za neke materijale, npr. za **poluprovodnike***.



Omov zakon tvrdi:

$V = I \times R$



Primjer:

električna struja I kroz otpornik R = V/I = 9/1000 = 0,009 A = 9 mA

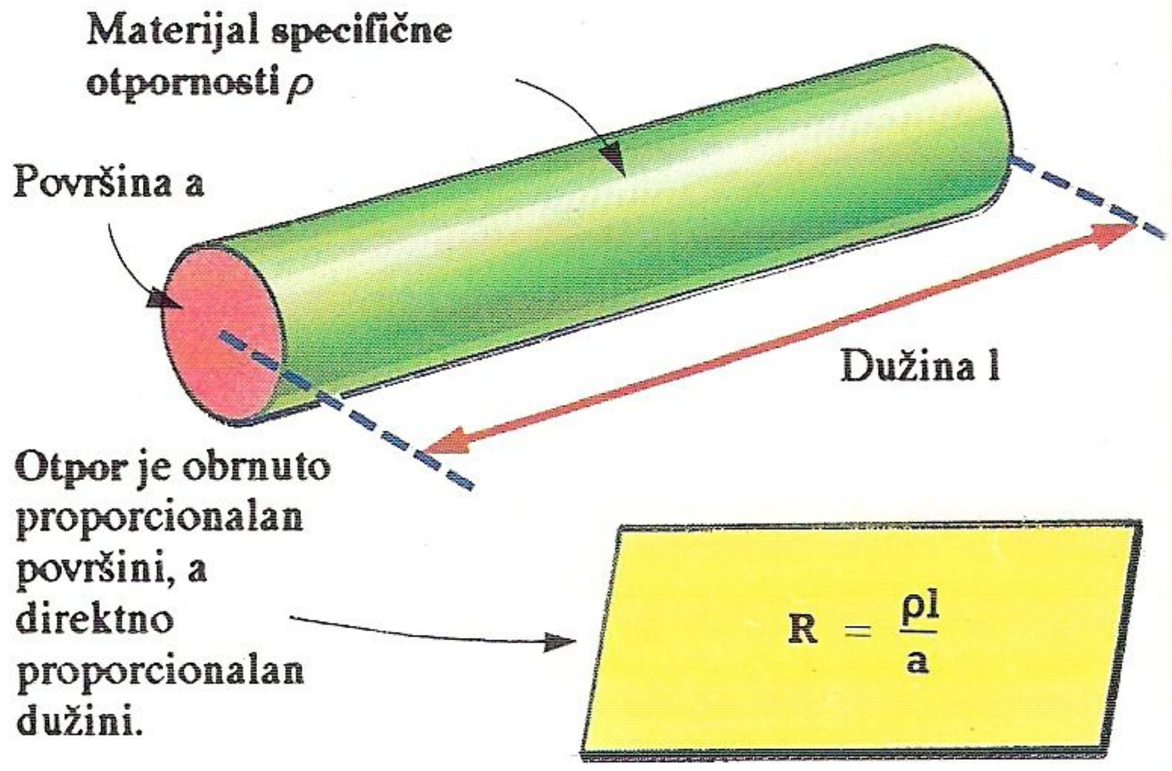
Električna snaga* koja se izgubi na otporu pretvara se u toplotu, a nekada u svjetlost.

Snaga = IV = I^2R,

gdje je I = električna struja, V = potencijalna razlika* na otporu, R = otpor

- **Otpor (R)**. Sposobnost nekog tijela da se suprotstavi toku električne struje. Veličina zavisi od **specifične otpornosti** supstance od koje je tijelo napravljeno i od njegovog oblika. Jedinica za otpor je **om** (Ω). Elektroni koji se kreću u tijelu udaraju atome i daju im energiju, i to tako da zagrijavaju tijelo koristeći za to energiju iz izvora **elektromotorne sile***.

- **Specifična otpornost** (ρ). Sposobnost supstance da se suprotstavi električnoj struji. Dobri **provodnici*** imaju nisku, a **izolatori*** visoku specifičnu otpornost. Ona je recipročna vrijednost **provodljivosti** supstance i raste sa temperaturom. Vidi i str. 114.

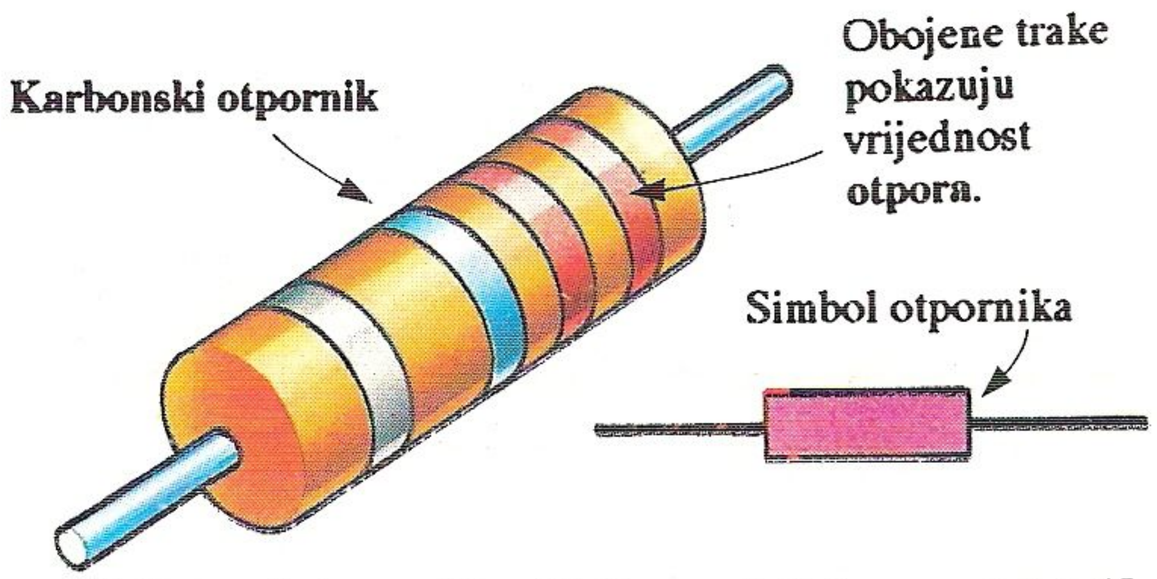


Otpor je obrnuto proporcionalan površini, a direktno proporcionalan dužini.

$$R = \frac{\rho l}{a}$$

- **Provodljivost**. Sposobnost supstance da omogući tok struje (vidi **provodnik i izolator**, str. 56). Ona je recipročna vrijednost **specifične otpornosti**.

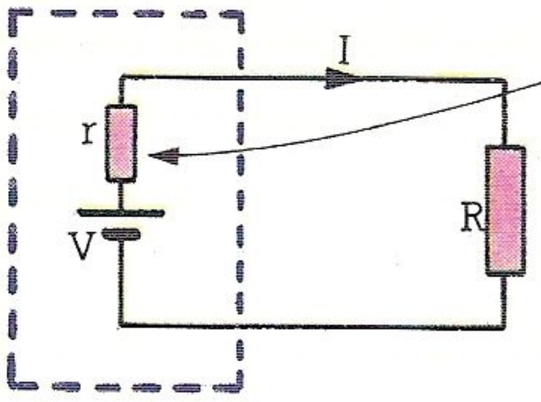
- **Otpornik**. Uređaj sa određenom vrijednosti otpora. Koristi se za stvaranje željene **potencijalne razlike***. Otpornici mogu imati vrijednost otpora od manje od 1Ω pa do više miliona oma. Najuobičajeniji tip je **karbonski (ugljikov) otpornik**, napravljen od kompresovanog ugljika poznate **specifične otpornosti**.



*Baterija, 68; Provodnik, 56; Elektromotorna sila, 60; Izolator, 56; Potencijalna razlika, 58; Snaga, 9; Poluprovodnici, 65.

● **Unutrašnji otpor (r).** Otpor **ćelije*** ▶ ili **baterije*** struji koju proizvode. To je otpor spojeva u ćeliji i nekih hemijskih efekata (npr. **polarizacija***). Struja u strujnom kolu zato može biti manja od očekivane.

Unutrašnji otpor je dio otpora strujnog kola.

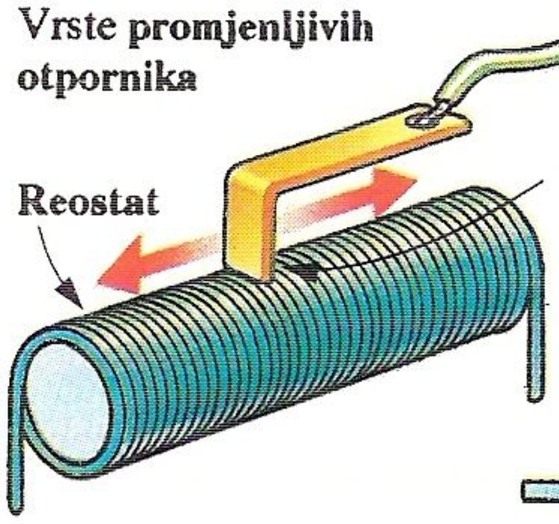


Unutrašnji otpor predstavljen simbolom otpornika u ćeliji*.

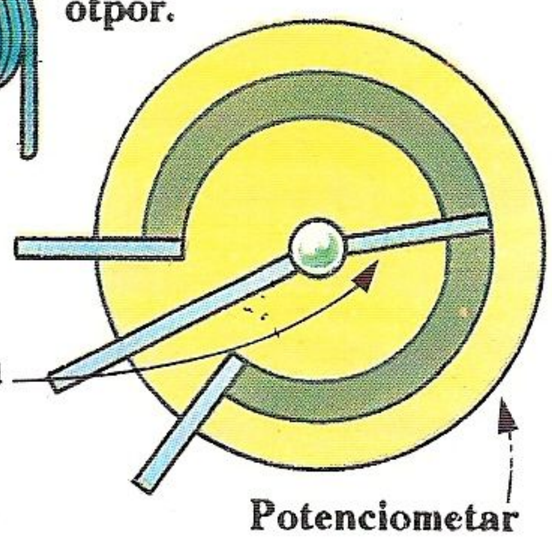
Iz Omovog zakona:

$$V = I(R + r)$$

Vrste promjenljivih otpornika



Pokretni kontakt mijenja dužinu žice uključene u strujno kolo, a time i otpor. ◀



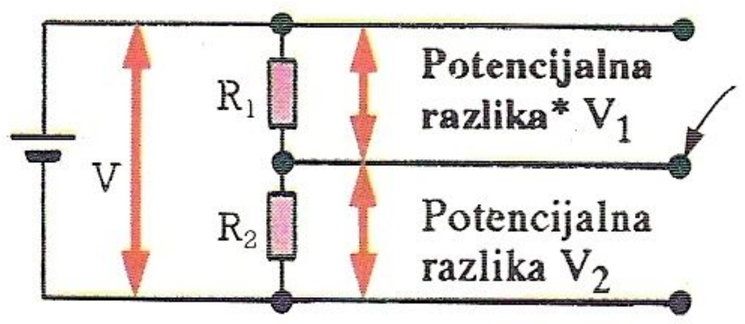
Kontakt se pomjera duž karbonske tračnice pomoću ručice, mijenjajući njenu veličinu u strujnom kolu, a time i otpor.

Potenciometar

● **Promjenljivi otpornik.** Uređaj čiji se otpor može mijenjati mehanički. To je ili kalem žice određene **specifične otpornosti,** duž kojeg se kreće kontakt (za visoku struju), ili karbonska tračnica sa pokretnim kontaktom. Promjenljivi otpornik se može koristiti kao **djelitelj napona** ako se doda posebni kontakt. Tada je to **potenciometar.**

● **Djelitelj napona ili potenciometar.** Uređaj za stvaranje **potencijalne razlike*** iz druge, veće potencijalne razlike.

Strujno kolo djeljitelja napona

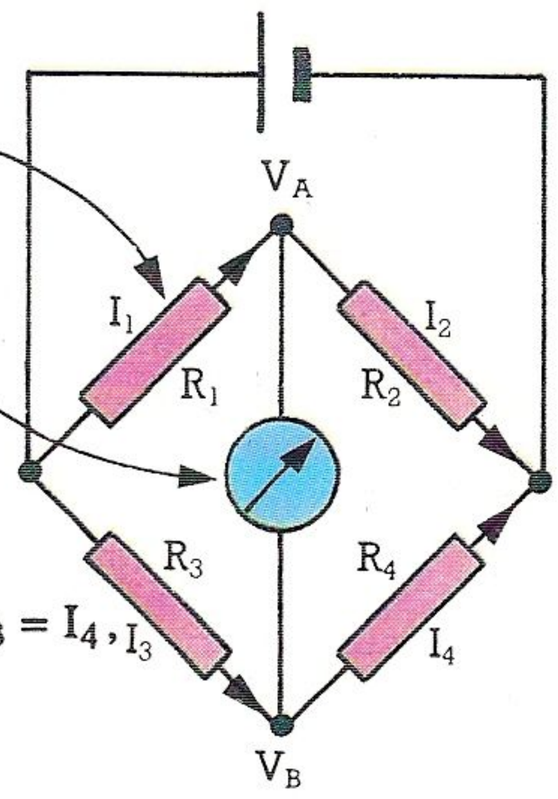


Potencijalna razlika* V_1

Potencijalna razlika V_2

Potencijal* se u ovoj tački podešava promjenom otpora R_1 i R_2.

Vitstonov most



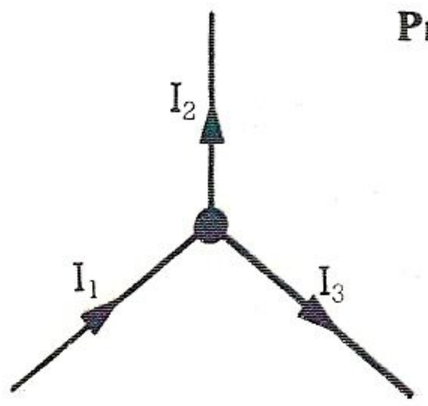
Otpori R_2, R_3 i R_4 se podešavaju sve dok kroz galvanometar ne teče struja.

Onda $V_A = V_B$, $I_1 = I_2$ i $I_3 = I_4$, i može se pokazati da je $R_1/R_2 = R_3/R_4$.

Onda se izračunava R_1.

● **Vitstonov** (Wheatstone) **most.** Strujno kolo koje se koristi za mjerenje nepoznatog **otpora** (vidi crtež). Kada **galvanometar*** ne pokazuje tok struje, nepoznata vrijednost otpora jednog otpornika može se izračunati iz tri druga. **Metarski most** je verzija Vitstonovog mosta, kod kojega su dva ili tri otpornika zamijenjena metrom žice visokog otpora. Položaj kontakta na žici daje odnos R_3/R_4 u pokazanom strujnom kolu.

● **Kirhofova** (F. Kirchhoff) **pravila.** Dva pravila koja se odnose na tok struje u datom trenutku. Prvo pravilo tvrdi da je ukupna struja koja teče prema čvorištu jednaka ukupnoj struji koja teče iz čvorišta. Drugo pravilo tvrdi da je suma proizvoda **otpora** i struje za svaku komponentu u strujnom kolu jednaka ukupnoj **elektromotornoj sili*** u strujnom kolu.

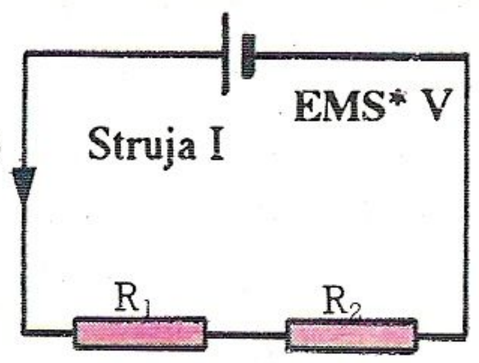


Prvo Kirhofovo pravilo:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Drugo Kirhofovo pravilo

$$V = IR_1 + IR_2$$



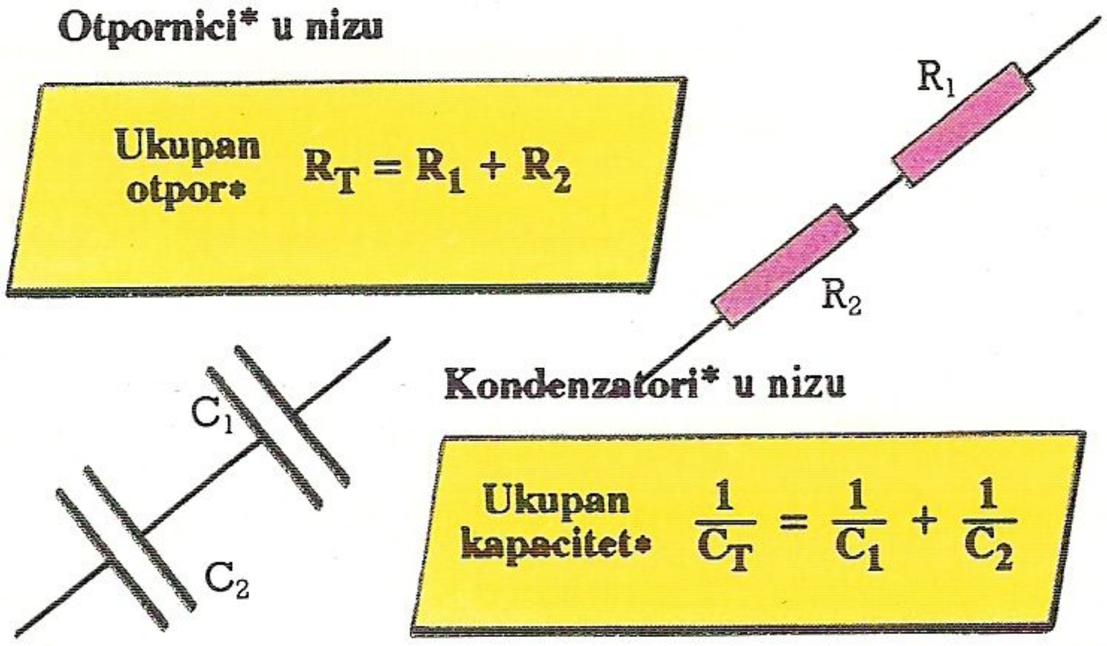
*Baterija, Ćelija, 68; Elektromotorna sila (EMS), 60; Galvanometar, 77; Polarizacija, 68; Potencijal, Potencijalna razlika, 58.

Sve o struji (nastavak)

● **Niz (serijska veza).** Raspored komponenata za koji je karakterističnо da sva struja prolazi kroz komponente jednu za drugom.

Otpornici* u nizu

Ukupan otpor* $R_T = R_1 + R_2$



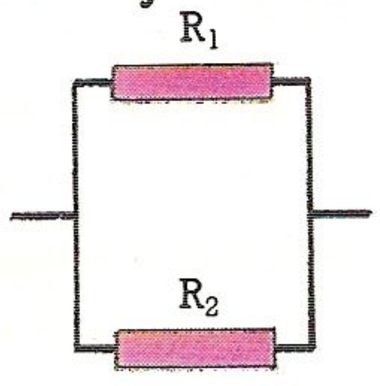
Kondenzatori* u nizu

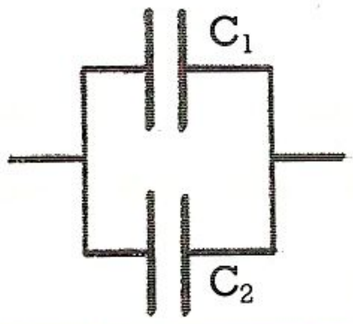
Ukupan kapacitet* $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

● **Paralela (paralelna veza).** Raspored komponenata u kojem se struja dijeli tako da bi kroz sve komponente prošla odjednom.

Otpornici* u paraleli

Ukupan otpor* $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$





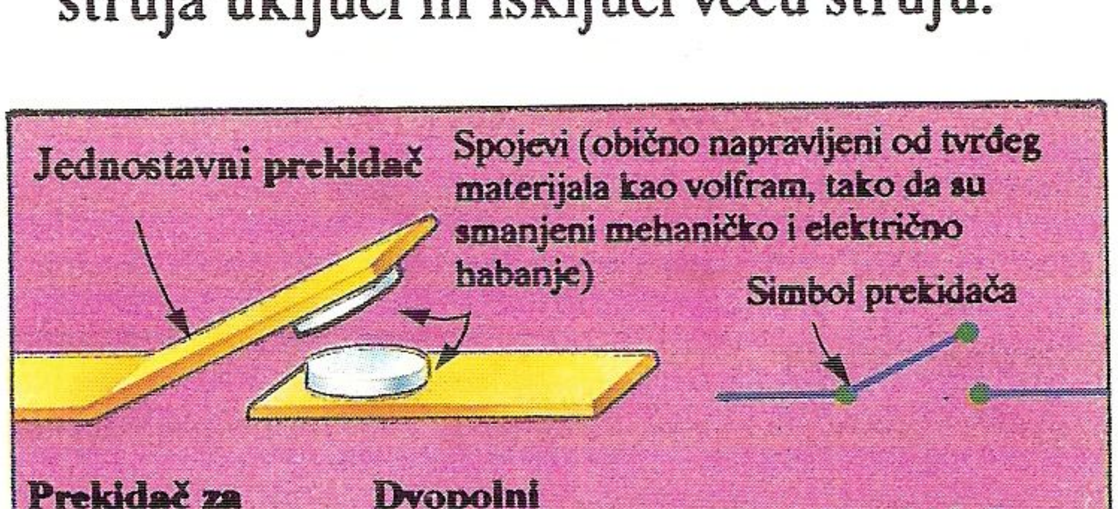
Kondenzatori* u paraleli

Ukupan kapacitet* $C_T = C_1 + C_2$

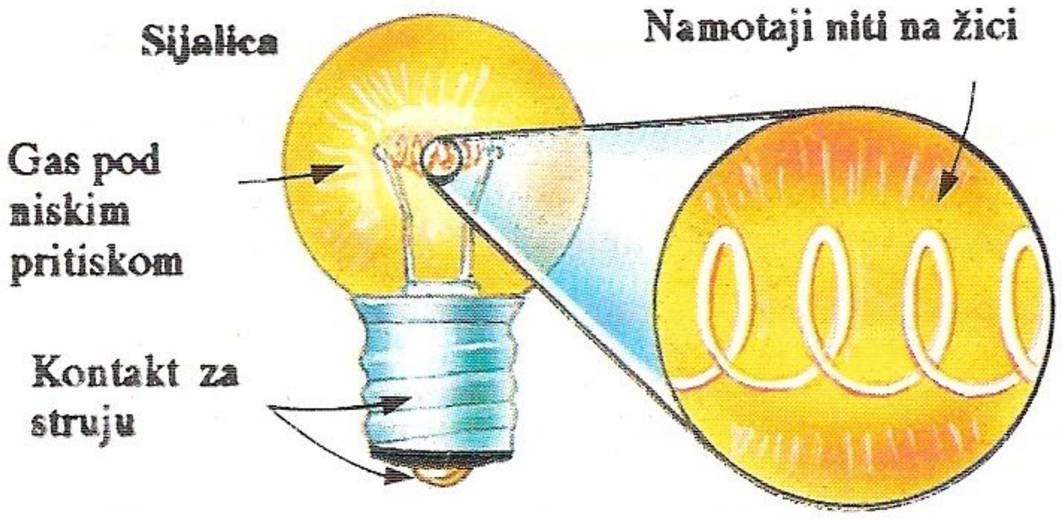
● **Impedansa.** Odnos **potencijalne razlike*** **u kolu naizmjenične struje*** i odgovarajuće vrijednosti struje koja teče u kolu. Javlja se uslijed **otpora*** strujnog kola i **reaktanse** (reaktivnog otpora). Efekat impedanse je da **EMS*** i električna struja mogu biti van faze.

● **Reaktansa.** Dio impedanse u kolu **naizmjenične struje***. Izazvana je **kapacitetom*** **i induktansom*** u strujnom kolu, koja mijenja **elektromotornu silu*** ako se mijenja struja.

● **Induktansa.** Dio **impedanse** strujnog kola koji djeluje na struju uslijed promjenljivih magnetnih polja (vidi i **elektromagnetna indukcija**, str. 78). Ovo se dešava u elementu koji se zove **induktor (induktivitet).**



● **Sijalica sa niti za žarenje.** Sijalica koja se sastoji od namota volframske žice (**nit za žarenje**) unutar staklenog balona koji sadrži argon ili azot pod niskim pritiskom. Kada struja teče kroz namot, on se brzo zagrijava i daje svjetlost. Volfram se koristi, jer ima visoku tačku topljenja, a sijalica je ispunjena gasom da bi se smanjilo isparavanje volframa.



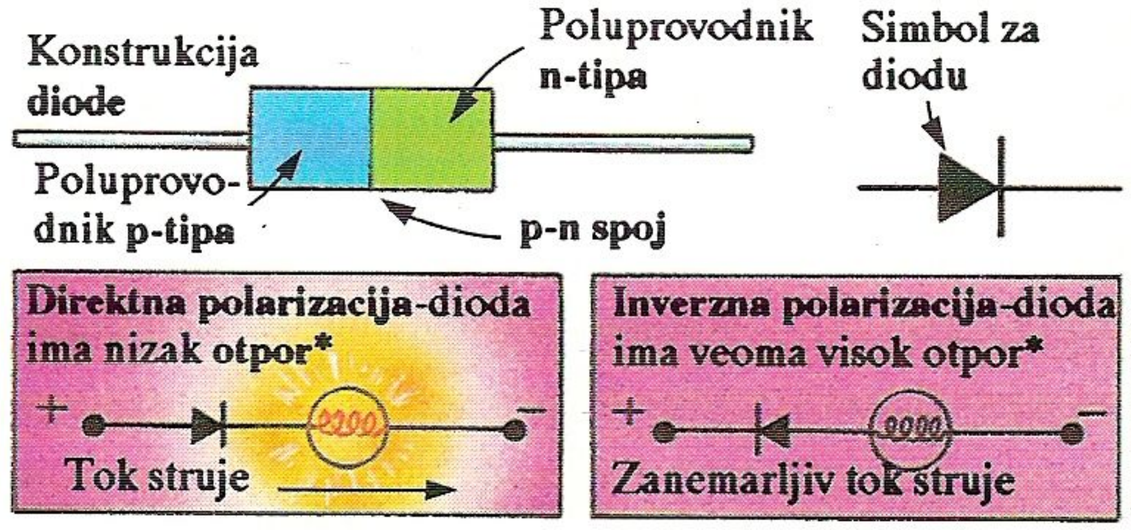
● **Prekidač.** Uređaj, obično mehanički koji se upotrebljava da uspostavi ili prekine strujno kolo. **Relej*** se upotrebljava kada je potrebno da mala struja uključi ili isključi veću struju.

* **Naizmjenična struja**, 61; **Kapacitet, Kondenzator**, 59; **Elektromotorna sila (EMS)**, 60; **Potencijalna razlika**, 58; **Relej**, 75; **Otpor, Otpornik**, 62.

Poluprovodnici

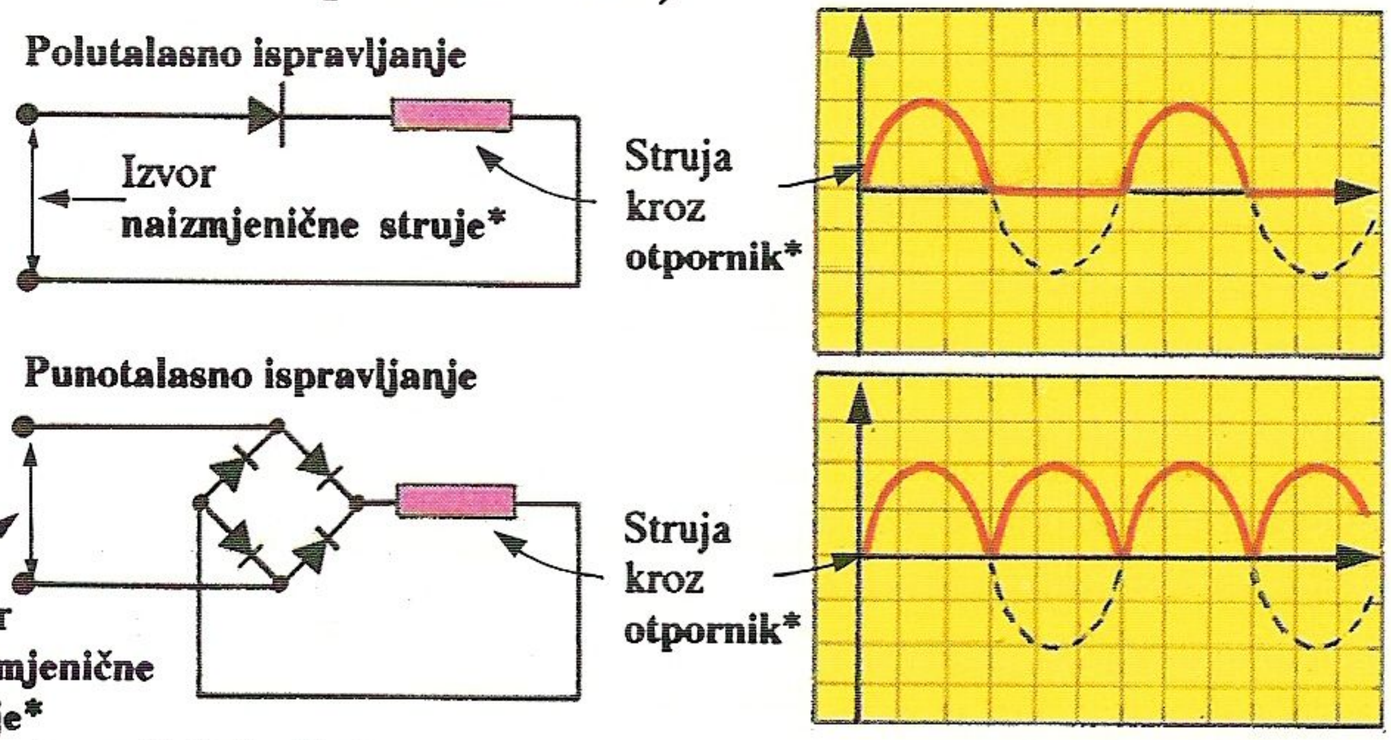
Poluprovodnici su materijali čija je **specifična otpornost*** između specifičnih otpornosti **provodnika** i **izolatora** (vidi str. 56) i opada sa porastom temperature ili porastom koncentracije primjesa (vidi **dodavanje primjesa**). Imaju veliku primjenu u elektronskim strujnim kolima (vidi i str. 111).

- **Dodavanje primjesa.** Unošenje malih količina primjesa u poluprovodnik. Prema tome koja je primjesa upotrijebljena, poluprovodnik je **p-tipa** ili **n-tipa**. Kombinacija ova dva tipa se upotrebljava za pravljenje **dioda** i **tranzistora.**



- **Dioda.** Uređaj napravljen od poluprovodnika **p-tipa** (vidi **dodavanje primjesa**) i poluprovodnika **n-tipa** koji su spojeni. Ima veoma nizak **otpor*** u jednom smjeru (kada se kaže da je **direktno polarizovana**) i veoma visok otpor u drugom smjeru (**inverzno polarizovana**).

- **Polutalasno (jednostrano) ispravljanje.** Upotreba **diode** s namjerom da se iz **naizmjenične struje*** ukloni sva struja koja teče u jednom smjeru. Struja teče samo u jednom smjeru kroz strujno kolo.



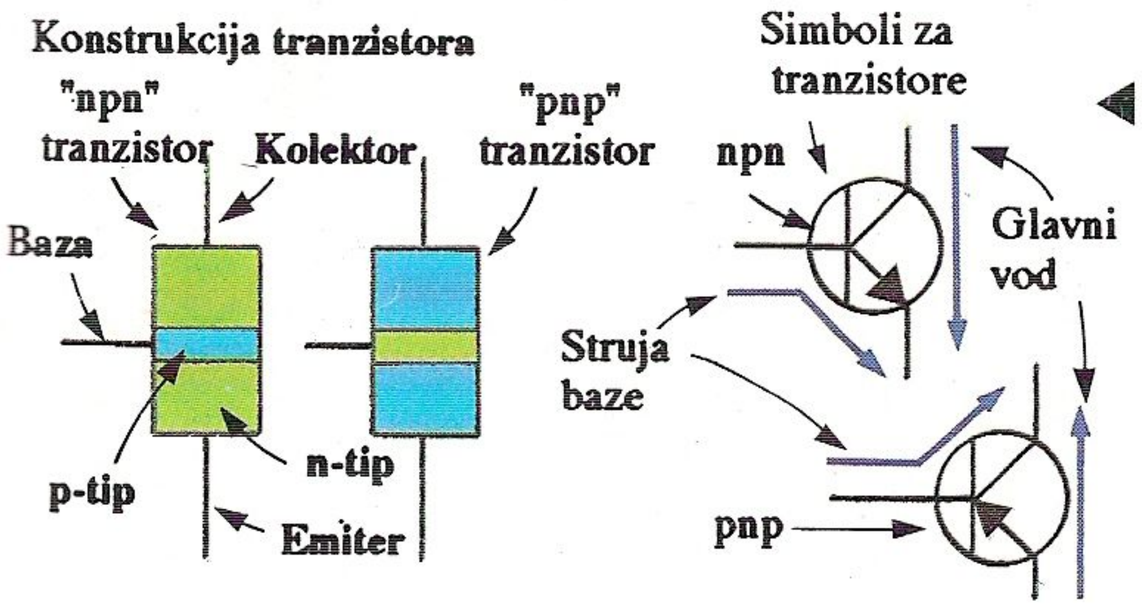
- **Punotalasno (dvostrano) ispravljanje.** Pretvaranje **naizmjenične struje*** u **jednosmjernu***. Primjenjuje se za dobijanje jednosmjerne struje u glavnim vodovima.

- **Termistor.** Poluprovodnički uređaj čiji se **otpor*** mijenja s temperaturom. Koristi se za elektronsko utvrđivanje temperaturnih promjena.



- **Svijetleća dioda (LED).** **Dioda** sa većim **otporom*** od normalnog. U njoj nastaje svjetlost umjesto toplote.

- **Tranzistor.** Poluprovodnik, obično napravljen kombinovanjem dva tipa poluprovodnika. Ima tri spoja: **bazu, kolektor i emiter** (vidi crtež). **Otpor*** između kolektora i emitera se mijenja od veoma velikog do veoma malog kada slaba struja ulazi u bazu. Ta slaba struja baze se zato može upotrijebiti za kontrolisanje mnogo jače struje od kolektora do emitera.

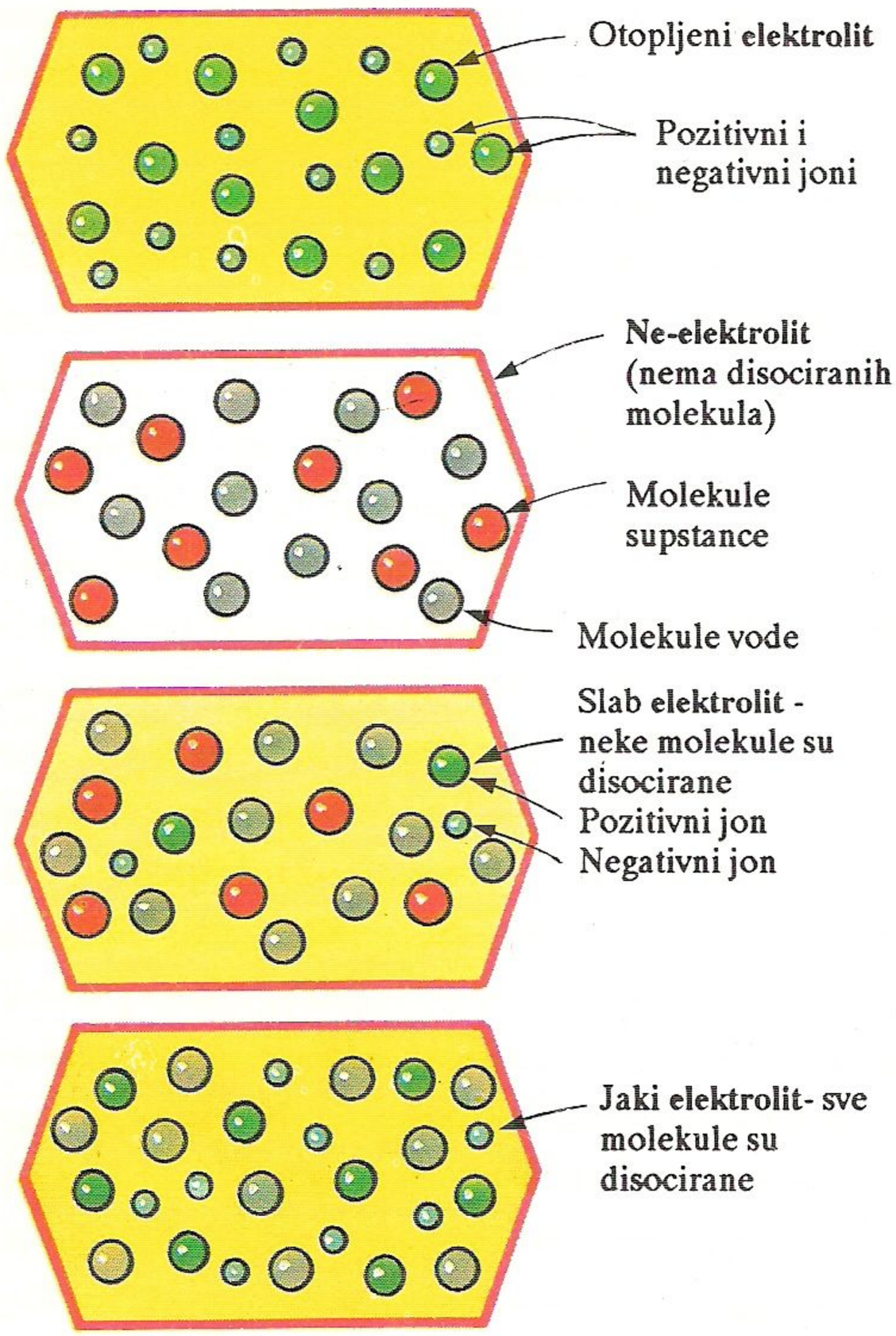


*Naizmjenična struja, 61; Direktna (jednosmjerna) struja, 60; Otpor, Specifična otpornost, Otpornik, 62.

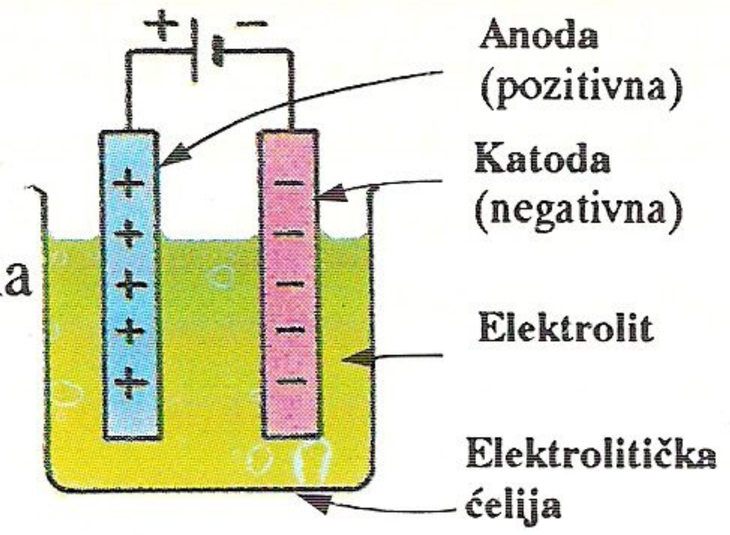
Elektroliza

Elektroliza je proces razlaganja tečnosti prilikom toka električne struje kroz tečnost koja sadrži **jone*** (atomi koji su dobili ili izgubili **elektron*** da bi postali naelektrisani). Kretanjem jona u tečnosti ostvaruje se tok struje a produkti elektrolize (hemikalije) se talože na mjestima gdje struja ulazi ili izlazi iz tečnosti. Ovaj proces se primjenjuje u industriji.

- **Elektrolit.** Jedinjenje koje provodi električnu struju kada se otopi ili rastvori u vodi. Sva ona jedinjenja koja su sačinjena od jona ili se cijepaju u jone pri rastvaranju (**jonizacija***) jesu elektroliti. Koncentracija jona u nekom elektrolitu određuje provodljivost električne struje elektrolita.



- **Elektroda.** Komad metala ili ugljika (karbona) stavljenog u **elektrolit** kroz koji električna struja ulazi ili izlazi za vrijeme elektrolize. Potrebne su dvije - **anoda** (pozitivna elektroda) i **katoda** (negativna elektroda). **Aktivna elektroda** je ona koja se pri elektrolizi hemijski mijenja, **inertna elektroda** ostaje neizmijenjena u procesu elektrolize.

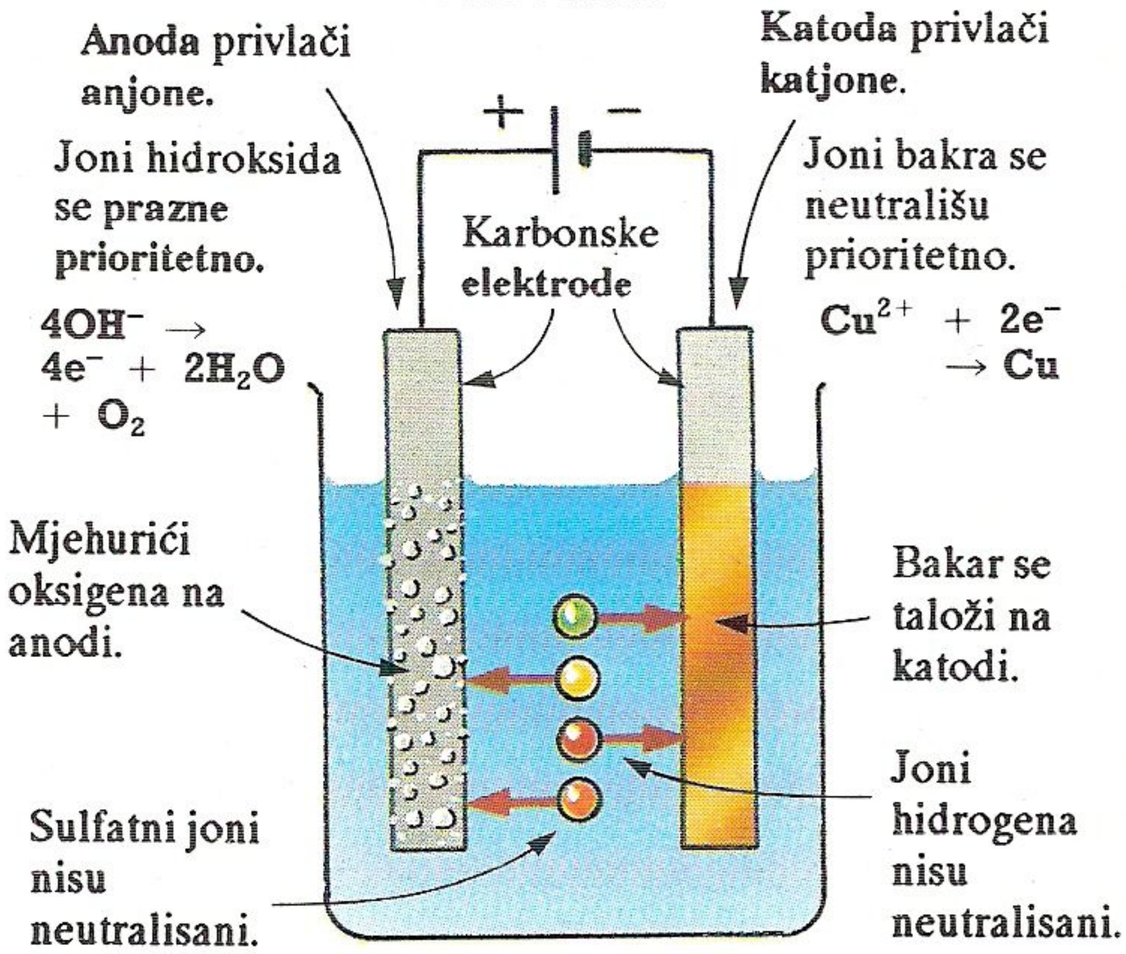


- **Elektrolitička ćelija.** Posuda u kojoj se vrši elektroliza. Sadrži **elektrolit** i **elektrode.**

- **Jonska teorija elektrolize.** Teorija koja pokušava da objasni šta se događa u **elektrolitu** i na **elektrodama** za vrijeme elektrolize. Ona tvrdi da **katjoni** (pozitivni joni) bivaju privučeni ka **katodi**, a **anjoni** (negativni joni) ka **anodi.** Tamo oni gube, odnosno dobivaju elektrone i formiraju atome (kaže se da su **ispražnjeni, neutralisani**). Ako postoje dva ili više raznih anjona, onda će jedan od njih biti neutralisan prije drugih. To se zove **prioritetno pražnjenje.**

▼

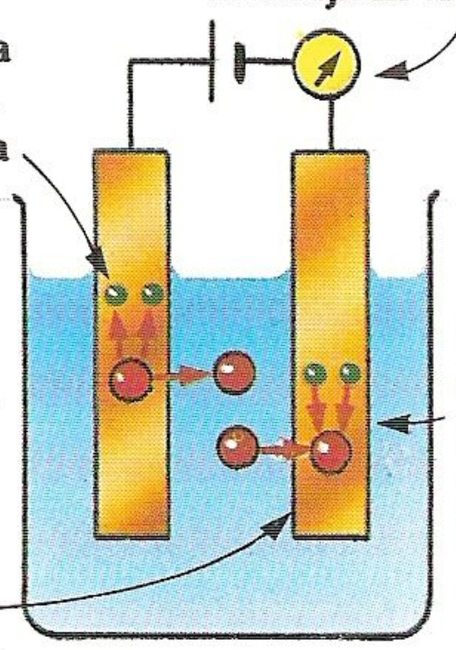
Elektroliza rastvora bakar-sulfata



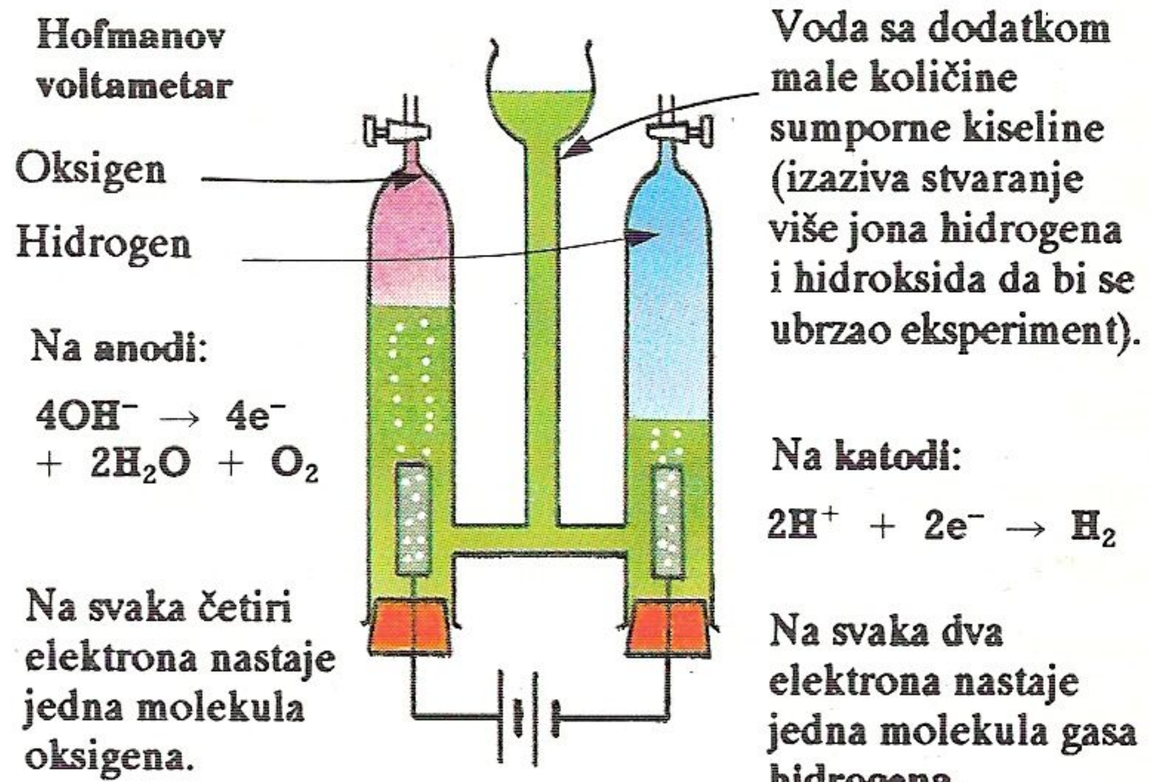
*Elektroni, 83; Joni, 88 (Jonizacija).

● **Faradejevi zakoni elektrolize.** Dva zakona koja povezuju količinu elektriciteta koja prolazi kroz **elektrolit** sa količinom izdvojene supstance pri elektrolizi. **Prvi Faradejev zakon** tvrdi da je količina supstance proporcionalna količini elektriciteta (**elektrohemijski ekvivalent** supstance je masa koju oslobađa struja od jednog ampera u sekundi). **Drugi Faradejev zakon** tvrdi da je količina nataložene supstance obrnuto proporcionalna veličini naboja na njenom jonu.

Elektroliza rastvora bakar-sulfata sa bakarnim elektrodama (**bakarni voltametar**)



● **Voltametar ili kulometar.** **Elektrolitička ćelija** koja se primjenjuje za ispitivanje odnosa između količine supstance nastale na **elektrodama** i struje koja prolazi kroz ćeliju. Npr. **bakarni voltametar** (vidi dolje lijevo) sadrži bakar-sulfat i bakrene elektrode.



● **Hofmanov (Hofmann) voltametar.** ▲ Vrsta voltametra koji se upotrebljava za sakupljanje i mjerenje zapremina (znači i masa) gasova koji se oslobađaju za vrijeme elektrolize. Npr. elektrolizom zakiseljene vode nastaju hidrogen i oksigen u omjeru dva naprema jedan (to se vidi iz hemijskog sastava vode, tj. H_2O).

Primjena elektrolize

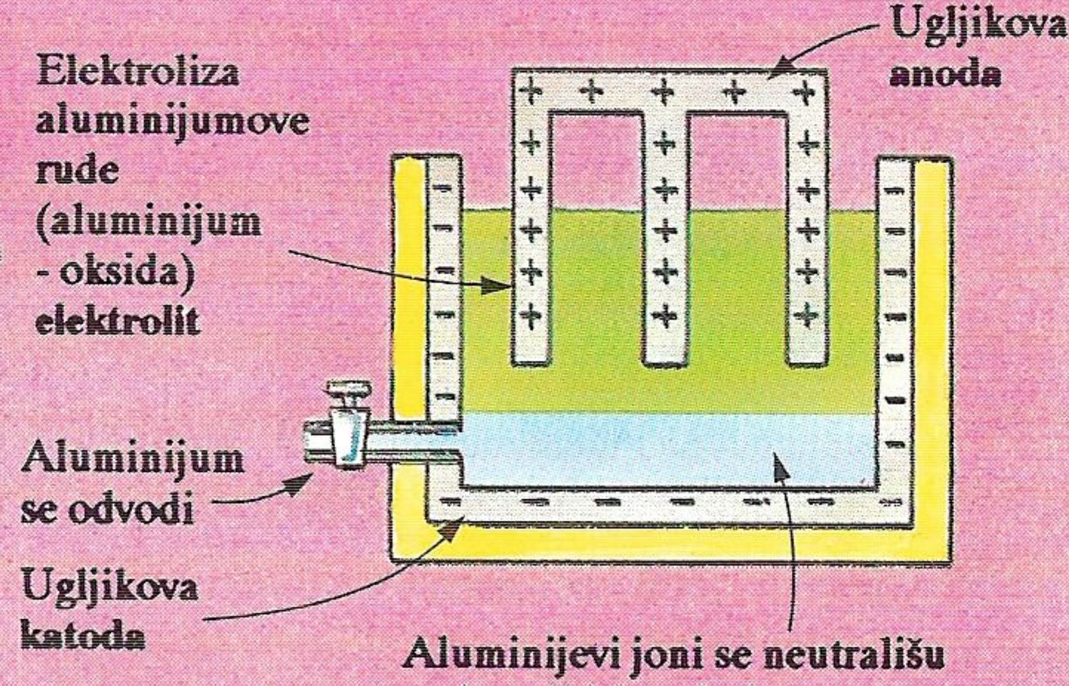
● **Galvanostegija ili elektrolitičko nanošenje metala.** Oblaganje metalnog tijela tankim slojem drugog metala putem elektrolize. Tijelo je **katoda**, a joni metala koji se nanosi su u **elektrolitu**.


Nanošenje zlata i srebra


Nanošenje hroma (metal obično bakar ili nikl prethodno obloženi) sprečava koroziju.

● **Elektrogalvanizacija (elektroplatiranje)** Metod prečišćavanja metala elektrolizom. Nečisti metal je **anoda** od koje se joni metala kreću ka **katodi** gdje se stvara čist metal. Nečistoće padaju na dno posude.

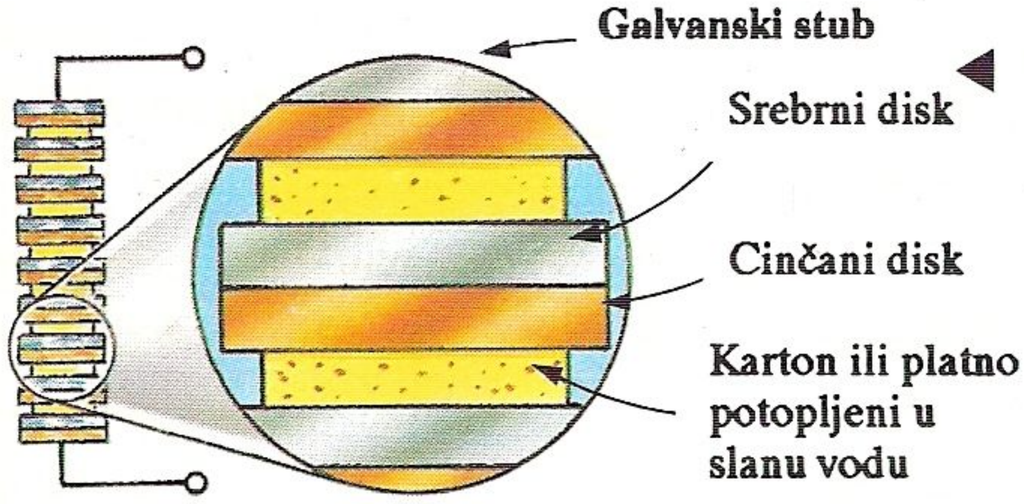
● **Ekstrakcija metala.** Proces stvaranja metala iz njegove otopljene rude putem elektrolize. Na ovaj način se dobivaju hemijski veoma aktivni metali, npr. natrijum i aluminijum.



*Ampermetar, 77.

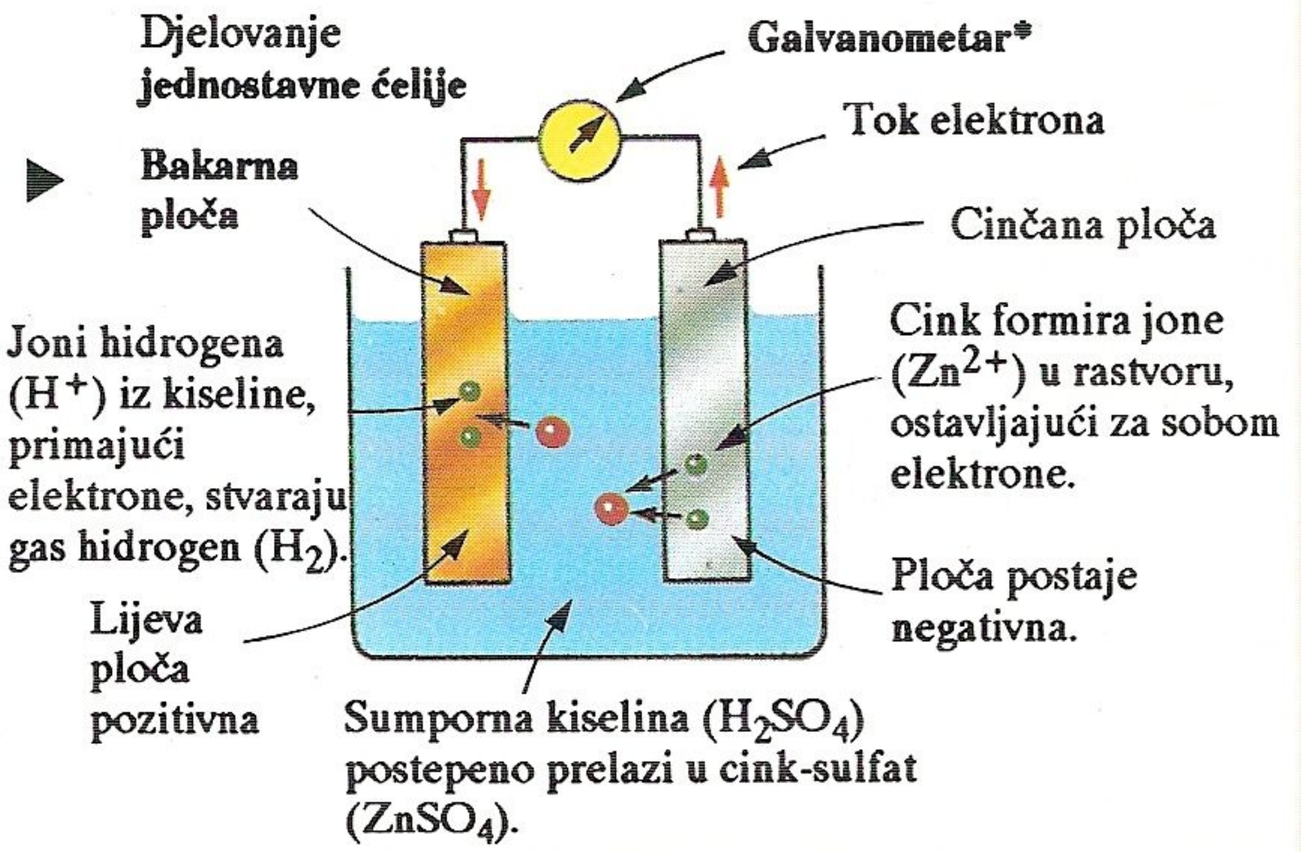
Ćelije i baterije

Talijanski naučnik Volta (A. Volta) je prvi ustanovio da postoji **potencijalna razlika*** između dva različita metala kada su stavljeni u neke tečnosti (**elektroliti**) i da zahvaljujući tome iz hemijske energije može biti proizvedena **jednosmjerna struja***. Ovaj sistem se zove **ćelija** ili **galvanska ćelija** (**element**). Potencijalna razlika (koju prouzrokuju hemijske promjene u ćeliji) zove se **elektromotorna sila*** i njena vrijednost zavisi od vrste upotrijebljenih metala. Nekoliko ćelija međusobno povezanih čine **bateriju.**

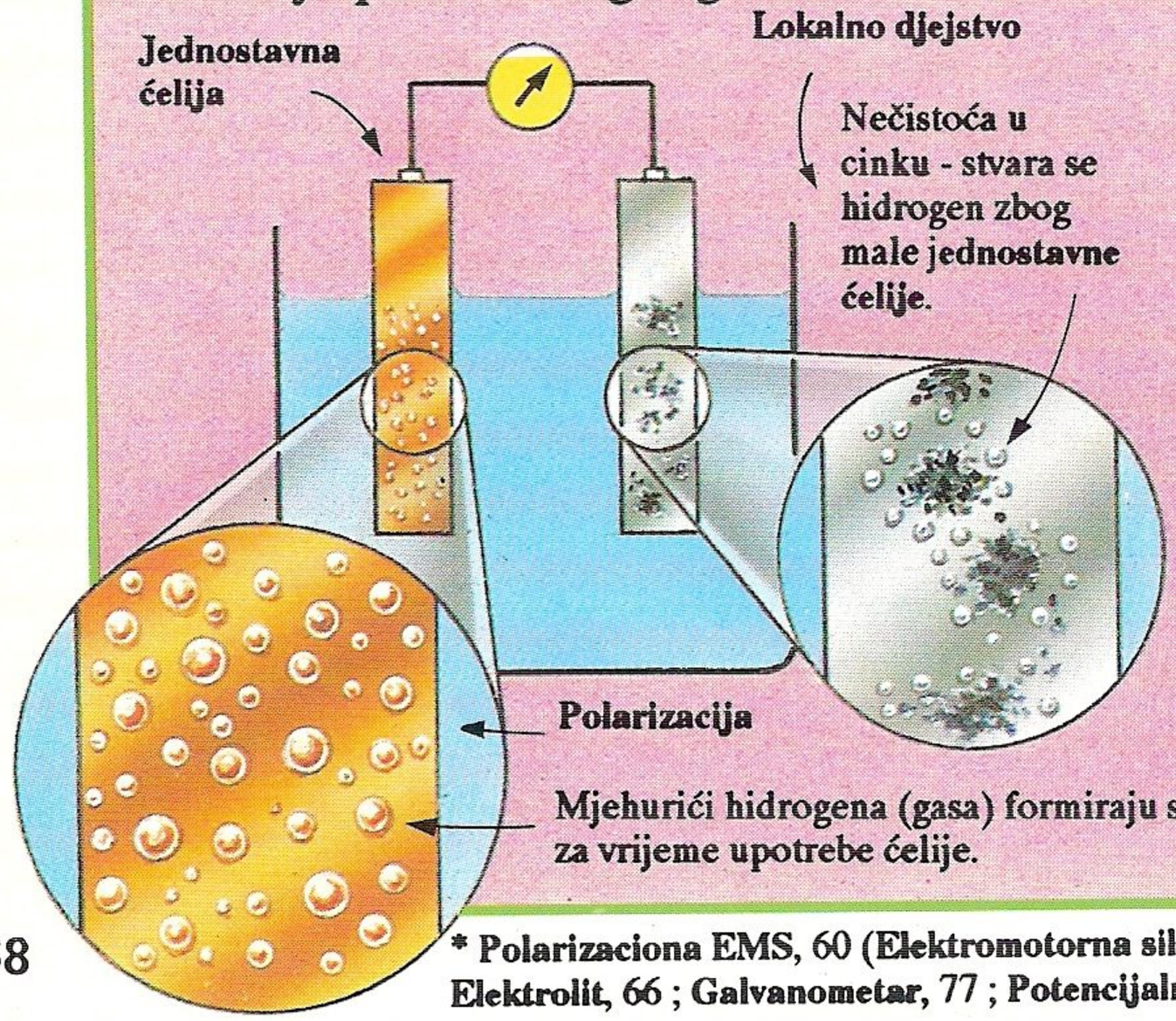


● **Galvanski stub.** Prva baterija. Sastoji se od naslaganih diskova od srebra i cinka odvojenih kartonom ili platnom potopljenim u slanu vodu. Ovo je isto što i nekoliko pojedinačnih **ćelija** međusobno povezanih.

● **Jednostavna ćelija.** Dvije ploče od različitog materijala razdvojene slanim ili kiselim rastvorom **elektrolita*** (obično od bakra i cinka i razblažena sumporna kiselina). Ćelija proizvodi kratkotrajnu **elektromotornu silu*** prije postizanja efekta **polarizacionog i lokalnog djejstva.**



● **Polarizacija.** Stvaranje mjehurića hidrogena na bakarnoj ploči **jednostavne ćelije.** To **smanjuje elektromotornu silu*** ćelije i zbog toga što mjehurići izoliraju ploču i zbog toga što se uspostavlja **polarizaciona EMS.** Polarizacija se može eliminisati dodavanjem **depolarizacionog sredstva (depolarizatora)** koje reaguje s hidrogenom i formira vodu.



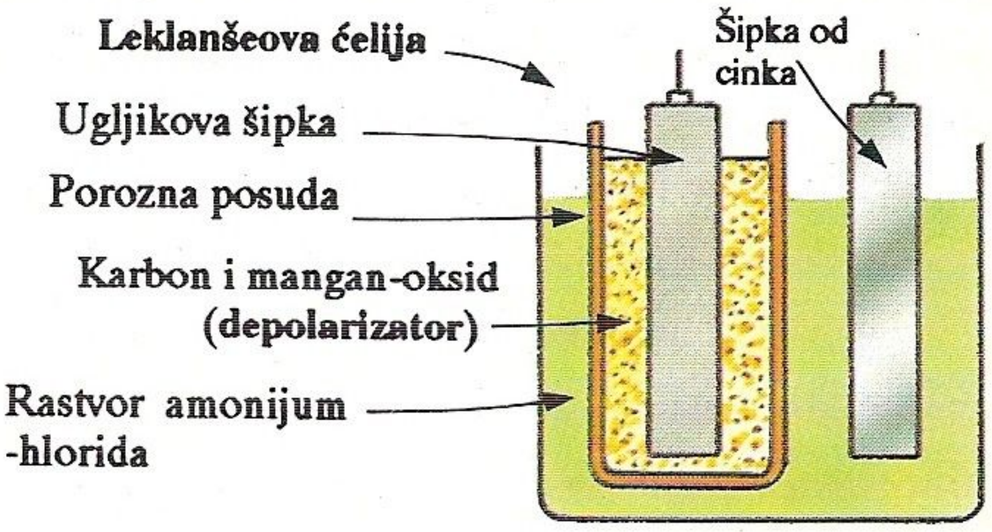
● **Lokalno djejstvo.** Stvaranje hidrogena na ploči od cinka u **jednostavnoj ćeliji.** Nečistoće (ostaci drugih metala) na ploči od cinka znače da su formirane male ćelije koje stvaraju hidrogen uslijed **polarizacije.** Hidrogen takođe nastaje rastvaranjem cinka u kiselini (čak i kad ćelija ne radi). Lokalno djejstvo se može spriječiti prevlačenjem ploče **amalgamom** (legura žive).

*** Polarizaciona EMS, 60 (Elektromotorna sila) ; Jednosmjerna struja, 60 ; Elektrolit, 66 ; Galvanometar, 77 ; Potencijalna razlika, 58.**

- **Kapacitet.** Sposobnost ćelije da stvori struju u nekom vremenskom periodu. Mjeri se u **amper-satima.**

Npr. ćelija od 10 amper-sati trebala bi proizvesti struju od 1 ampera za 10 sati.

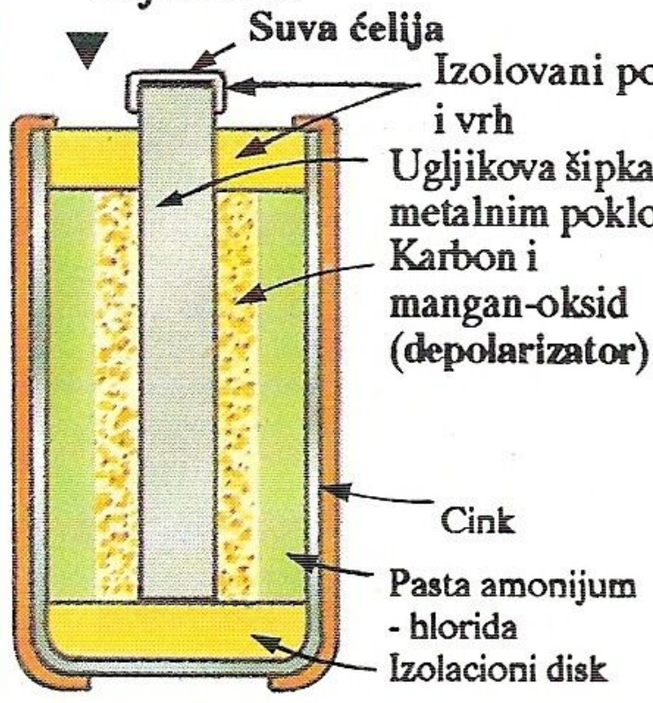
- **Leklanšeova ćelija.** Ćelija u kojoj se **polarizacija** prevazilazi pomoću mangan-oksida (**depolarizator**). Mangan-oksid uklanja hidrogen sporije nego što se on stvara, ali nastavlja da uklanja višak hidrogena i kada ćelija nije u upotrebi. Ćelija proizvodi **elektromotornu silu*** od 1,5 V.

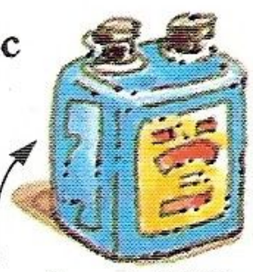


- **Standardna ćelija.** Ćelija koja proizvodi tačno određenu i konstantnu **elektromotornu silu***. Primjenjuje se u laboratorijama za eksperimente.

- **Primarna ćelija.** Bilo koja ćelija ograničenog trajanja, pošto su kemikalije u njoj istrošene i ne mogu se lako zamijeniti.

- **Suva ćelija.** Oblik Leklanšeove ćelije u kojoj je rastvor amonijum-hlorida zamijenjen pastom koja sadrži amonijum-hlorid, znači prenosiva je. Ćelija proizvodi **elektromotornu silu*** od 1,5V. Suhe ćelije sporije stare uslijed **lokalnog djejstva,** a vrijeme trajanja je više mjeseci.




Baterija od 9V (npr. u radio -aparatu) sastoji se od šest **suvih ćelija u nizu***.


Baterija od 1,5V (npr. u lampi) jeste samo jedna suva ćelija.

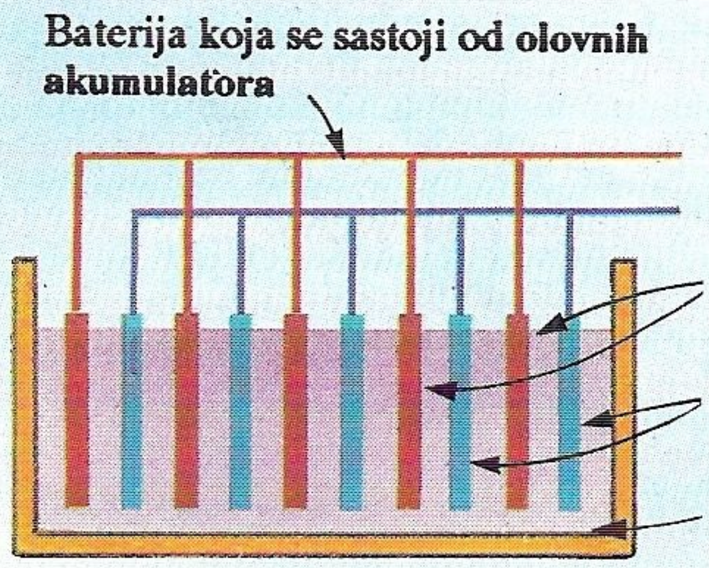


- **Sekundarna ćelija.** Poznata i kao **akumulator** je ćelija koja se može ponovo napuniti povezivanjem za drugi izvor električne struje. Glavne vrste su : **olovni akumulator** i **alkalna ćelija.**

- **Olovni akumulator.** Elektrolit* je razblažena sumporna kiselina, a ploče su napravljene od olova i olovnih jedinjenja.

- **Alkalna ćelija. Elektrolit*** je rastvor kalijum-hidroksida. Ploče su obično od nikla i kadmijumovih jedinjenja (tada se zove **nikl-kadmijum ćelija**).

Ova ćelija može dati veoma jaku struju, jer ima mali **unutrašnji otpor***. Zato se uglavnom upotrebljava u vozilima za paljenje kola i rasvjetu.



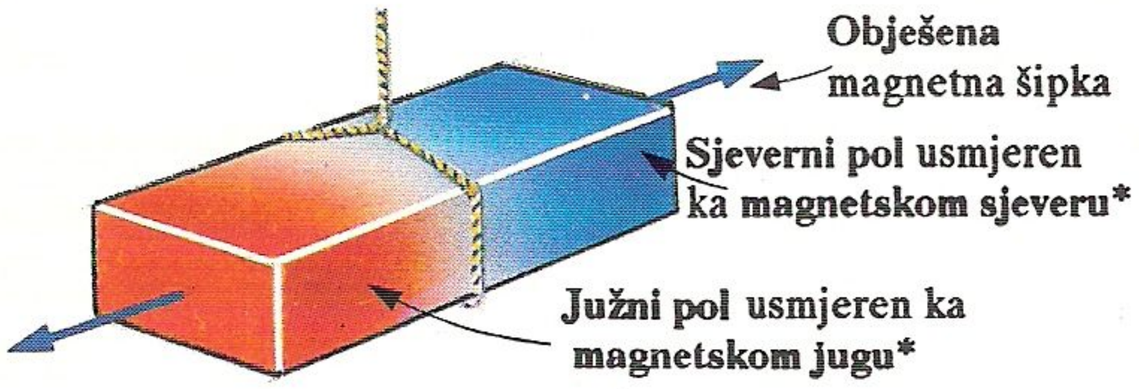

Baterija od 12V (npr. baterija u kolima) sastoji se od šest **olovnih akumulatora u nizu***.



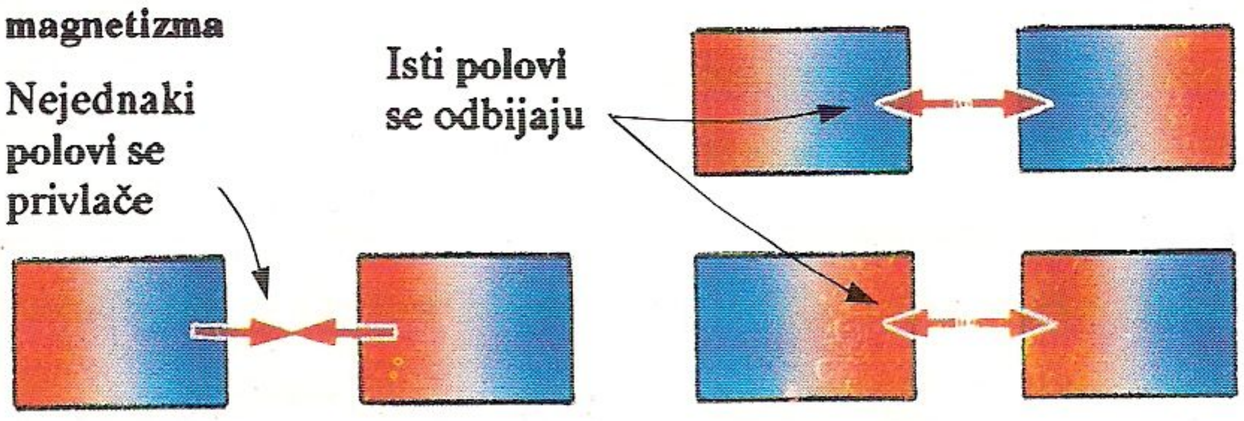
Elektromotorna sila, 60; Elektrolit, 66; Unutrašnji otpor, 63; Niz, 64.

Magneti

Svi **magneti** imaju oko sebe **magnetno polje*** i između dva magneta djeluje **magnetna sila*** uslijed interakcije njihovih polja. Bilo koji materijal koji može biti **namagnetisan** (može postati magnet) zove se **magnetik** (vidi **feromagnetik**). On postaje namagnetisan onda kada se nalazi u magnetnom polju. Kretanje naboja (obično **elektrona***) također prouzrokuje magnetno polje (vidi **elektromagnetizam**, str. 74-76).

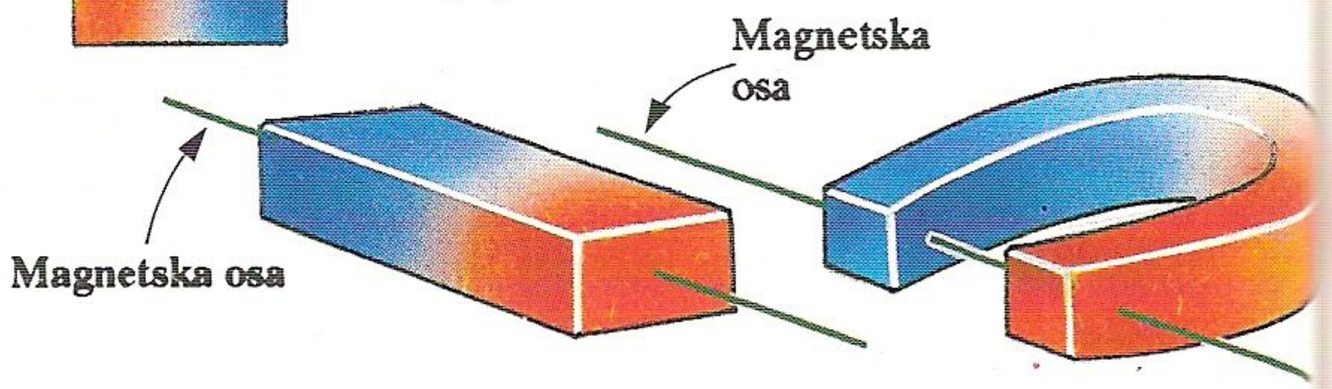


Prvi zakon magnetizma



- **Pol.** Tačka na magnetu u kojoj se čini da je koncentrisana njegova **magnetna sila***. Postoje dvije vrste polova - **sjeverni** ili pol **koji se okreće ka sjevernom magnetnom polu Zemlje** i **južni** ili onaj koji se **okreće ka južnom magnetnom polu Zemlje** (prepoznaje se tako što se dopušta magnetu da se postavi u pravcu Zemljinog **magnetnog polja***). Svi magneti imaju isti broj odgovarajućih polova. **Prvi zakon magnetizma** tvrdi da se nejednaki polovi privlače, a isti odbijaju.

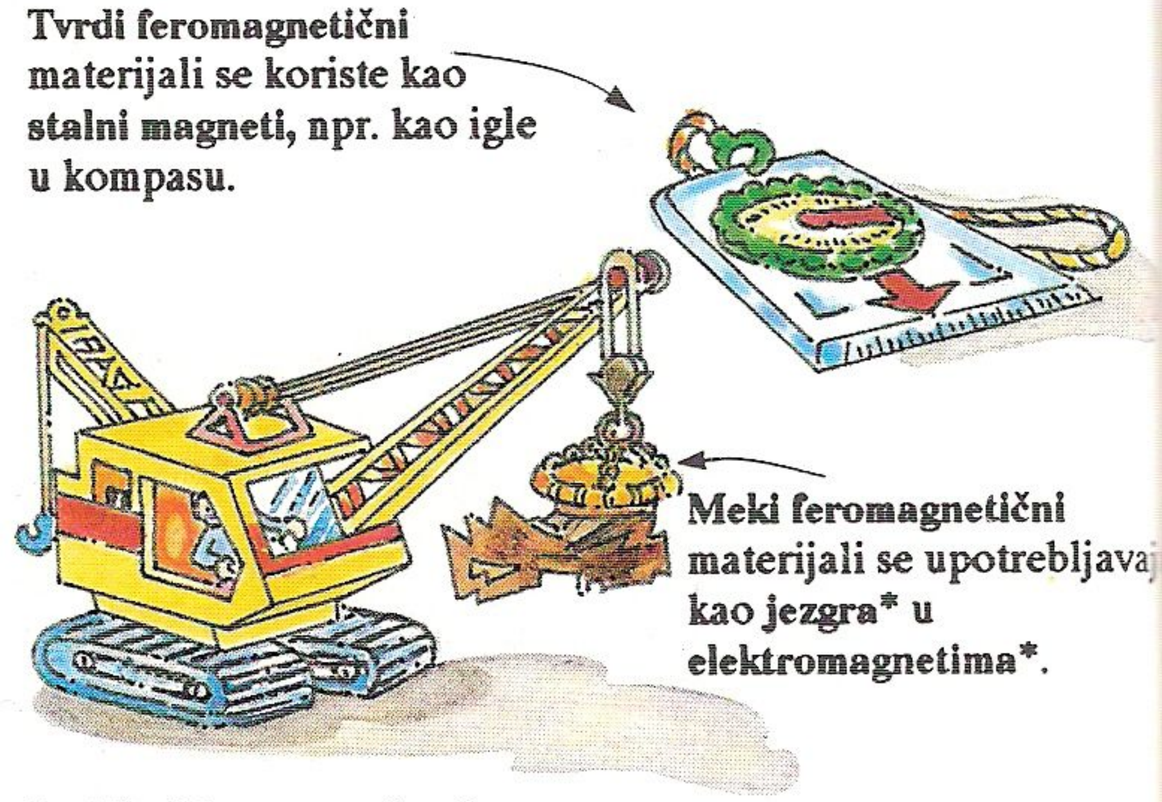
- **Magnetska osa.** Linija koja spaja **južni i sjeverni pol** magneta u odnosu na koju je njegovo **magnetno polje*** simetrično.



- **Feromagnetik.** Materijal koji je jako magnetičan (tj. lako se namagnetiše). Željezo, nikl, kobalt i njihove legure su feromagnetični, i opisujemo ih kao **tvrde** ili **meke. Sinterovani** materijali (nastali pretvaranjem raznih mješavina praha pomenutih metala u čvrsto stanje grijanjem i pritiskom) mogu se učiniti magnetski veoma tvrdim ili mekim mijenjanjem upotrijebljenih metala.

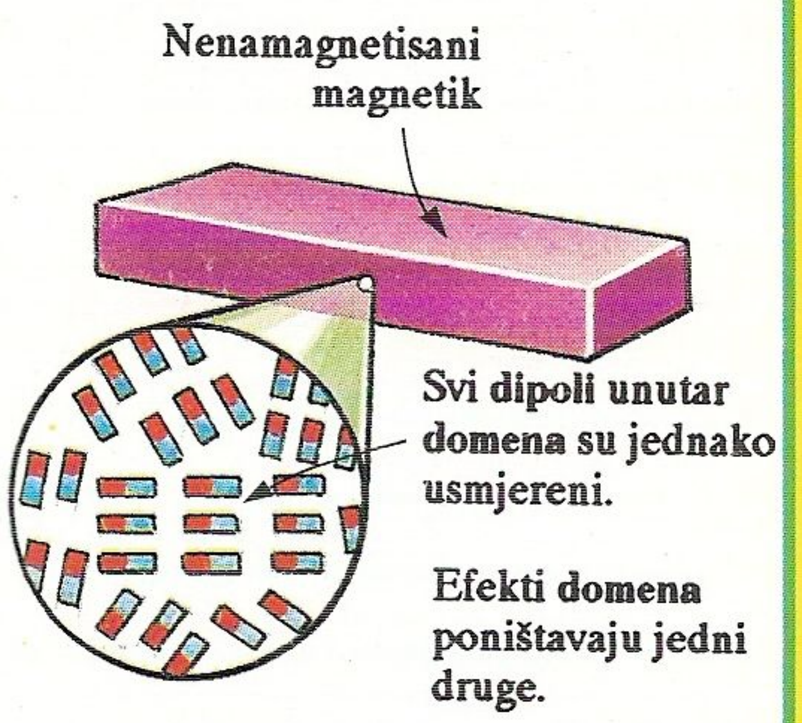
- **Tvrdi feromagnetik.** Podrazumijeva **feromagnetičan** materijal koji ne gubi lako svoj magnetizam nakon što je namagnetisan, npr. čelik. Magneti napravljeni od ovih materijala zovu se **stalni (permanentni) magneti.**

- **Meki feromagnetik.** Podrazumijeva **feromagnetičan materijal** koji ne zadržava magnetizam nakon što je namagnetisan, npr. željezo. Magneti napravljeni od ovih materijala zovu se **privremeni magneti. Rezidualni (zaostali) magnetizam** je mala količina magnetizma koja može da se zadrži u magnetski mekim materijalima.

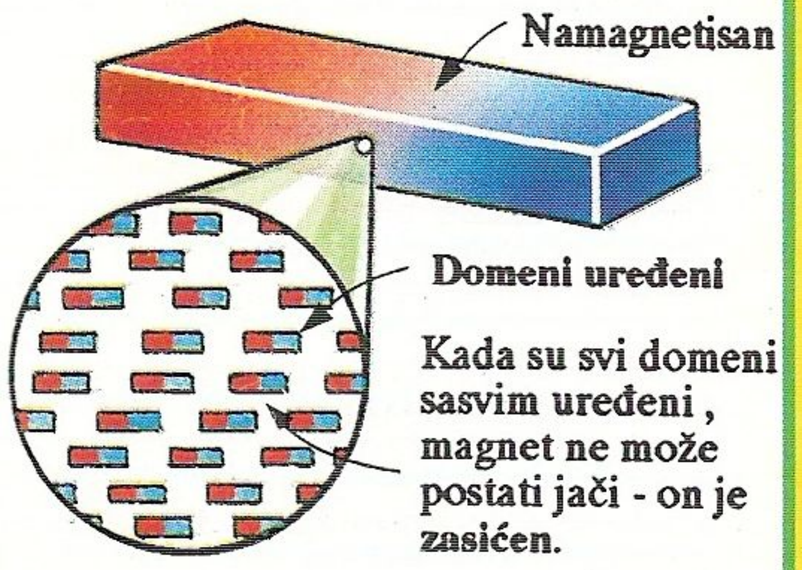


* **Jezgro**, 74 ; **Elektromagnet**, 75 ; **Elektroni**, 83 ; **Magnetno polje**, 72 ; **Magnetna sila**, 6 ; **Magnetski sjever, Magnetski jug**, 73.

●**Susceptibilnost.** Mjera sposobnosti supstance da bude namagnetisana. **Feromagnetični materijali** imaju veliku susceptibilnost.

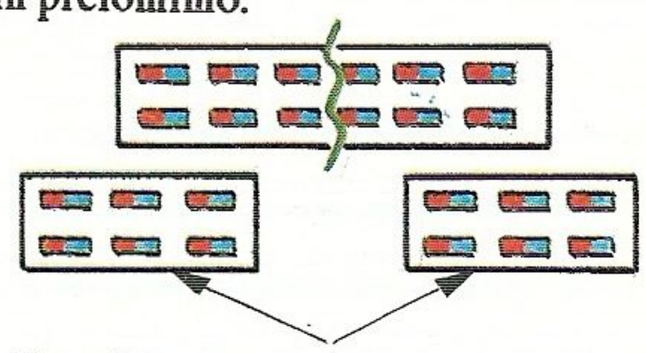


Efekti domena poništavaju jedni druge.



Kada su svi domeni sasvim uređeni , magnet ne može postati jači - on je zasićen.

Teorijom domena je objašnjeno zašto magneti zadržavaju svoje polove kada ih prelomimo.



Formirana su dva magneta, svaki sa sjevernim i južnim polom.

●**Domenska teorija magnetizma** tvrdi da se **feromagnetični materijali** sastoje iz **dipola** ili **molekularnih magneta** koji djeluju jedni na druge. Svi dipoli unutar oblasti (**domena**) imaju isti smjer. **Feromagnetični materijal** postaje namagnetisan kada **domeni** postanu **uređeni** (tj. jednako usmjereni).

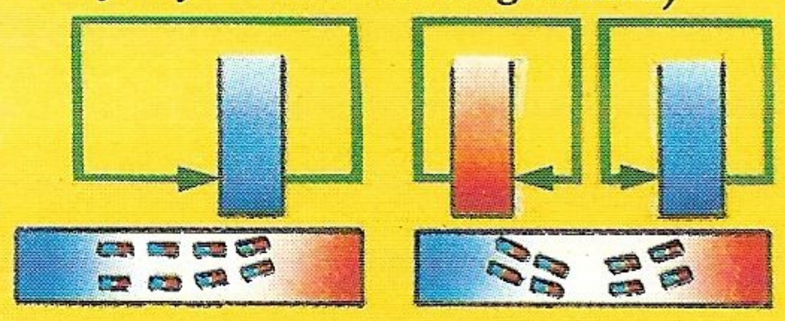
Magnetizacija

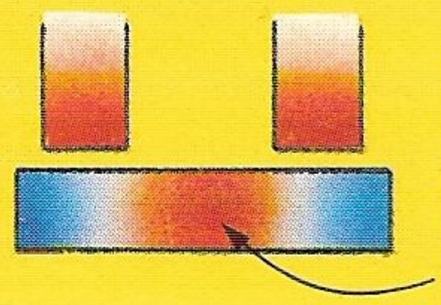
Kada je tijelo namagnetisano, svi **dipoli** se usmjeravaju u istom pravcu (vidi **teorija domena**). Ovo se događa samo kada je tijelo u **magnetskom polju*** i zove se **inducirani magnetizam.**



●**Pojedinačni dodir.** Metod magnetisanja tijela ponovljenim dodirivanjem tijela s **polom stalnog (permanentnog) magneta.** U tijelu se inducira magnetizam **magnetskim poljem*** magneta.

Metodi namagnetisavanja (svi uključuju indukovani magnetizam)



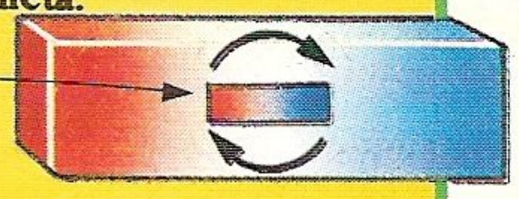


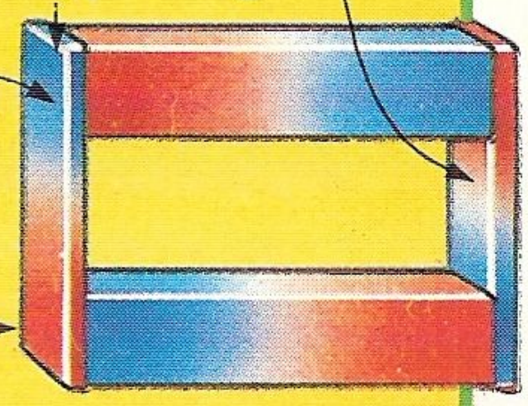
●**Podijeljeni dodir.** Metod magnetisanja tijela ponovljenim dodirivanjem tijela od sredine prema vani suprotnim **polovima** dvaju **stalnih magneta** (vidi : tvrdi feromagnetik). Magnetizam se inducira u tijelu **magnetskim poljima*** magneta.

●**Demagnetizacija.** Uklanjanje magnetizma tijela. Ovo se može postići stavljanjem tijela u promjenljivo **magnetsko polje***, kao npr. polje koje stvara namot žice kroz koji teče **naizmjenična struja***. Ili, **dipoli** se mogu (vidi : **teorija domena**) navesti da se usmjere u proizvoljnim pravcima, haotičnim udaranjem ili zagrijavanjem tijela iznad 700°C.

●**Samorazmagnetisanje.** Gubitak magnetizma uslijed obrtanja **dipola** (vidi : **teorija domena**) prema suprotnim **polovima** magneta. Može se smanjiti primjenom držača od mekog željeza, koji čine zatvorenu petlju.

Samorazmagnetisavanje šipkastog magneta.



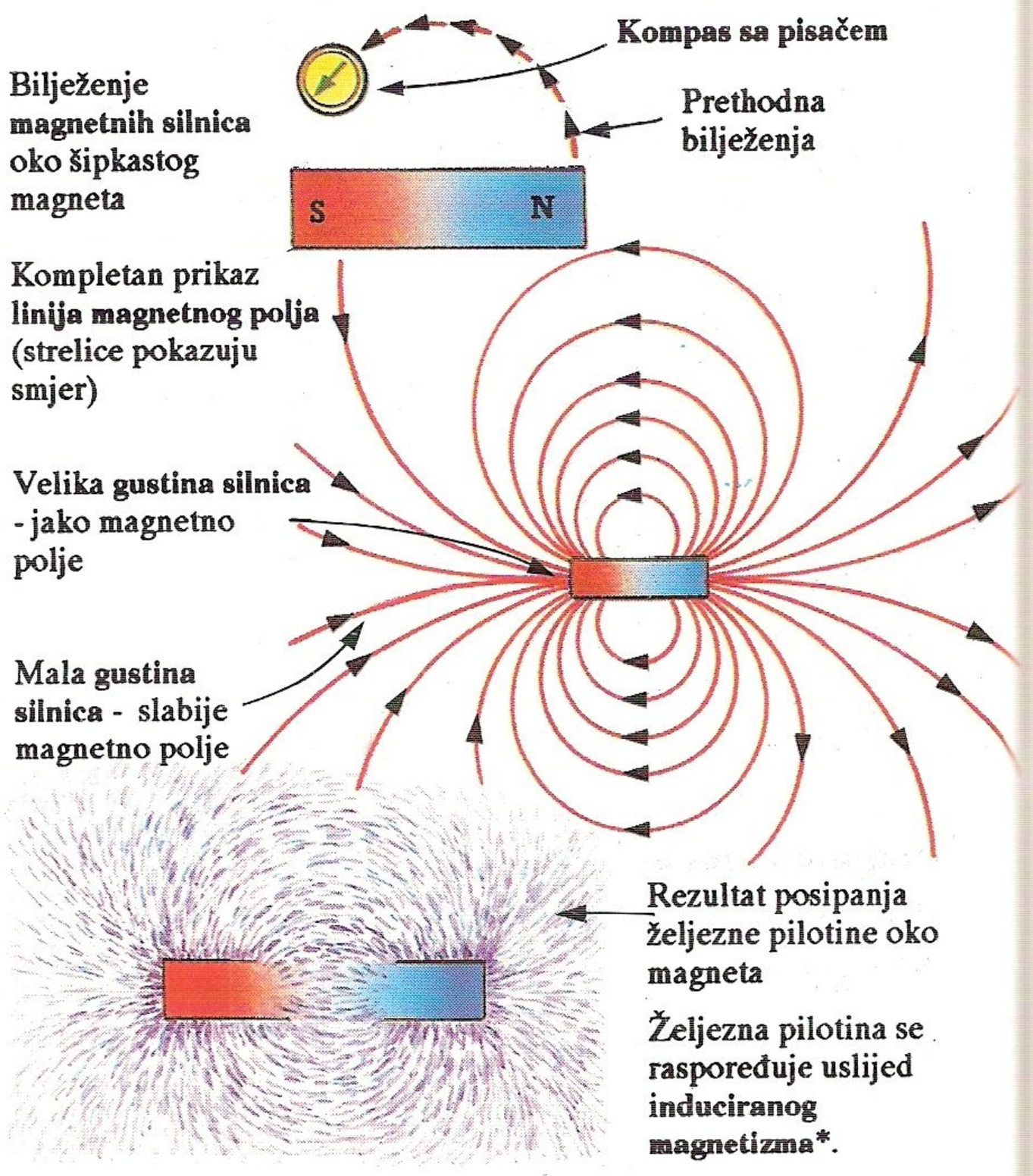


* **Naizmjenična struja**, 61 ; **Magnetno polje**, 72 ; **Magnetna sila**, 6.

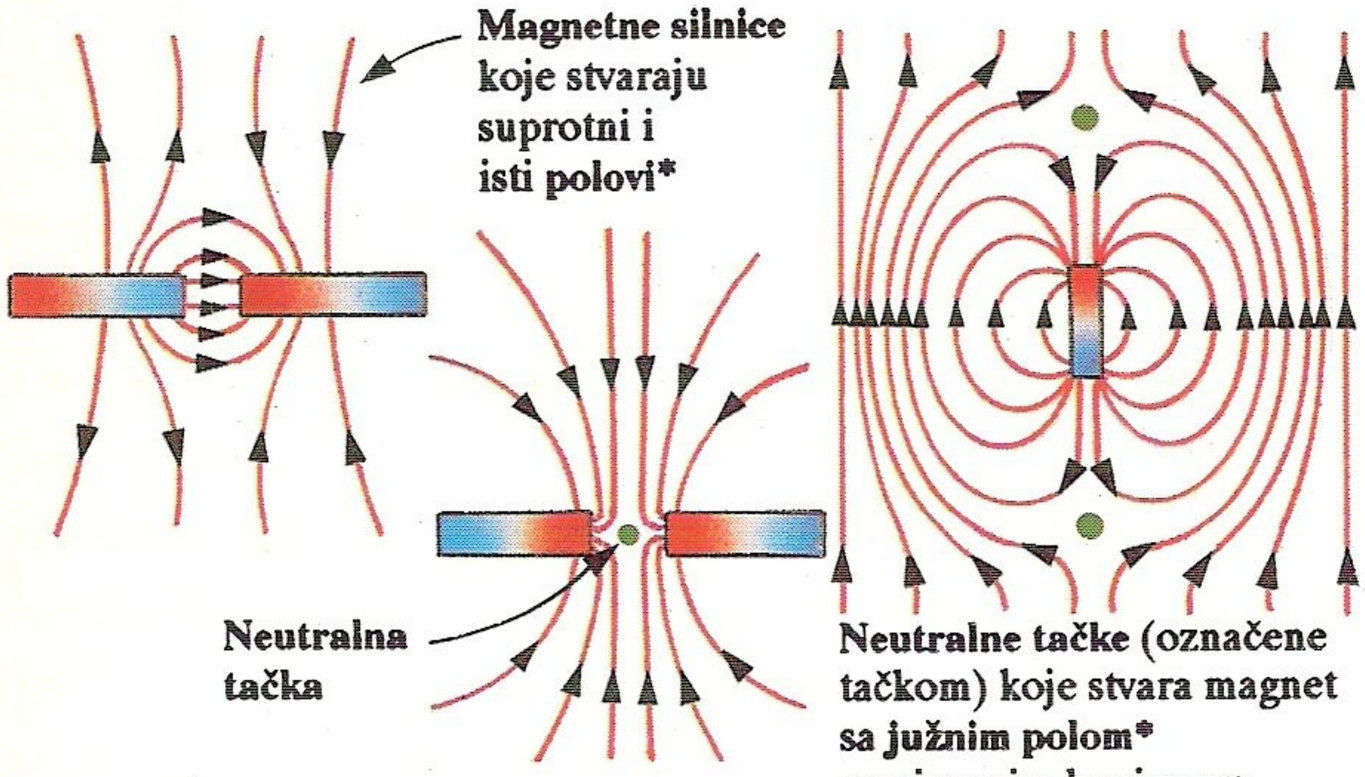
Magnetna polja

Magnetno polje je oblast oko **magneta** (vidi str.70), u kojoj **magnetna sila*** djeluje na tijela. Jačina i pravac magnetnog polja prikazani su **linijama magnetnog polja.**

● **Linije magnetnog polja ili silnice.** Linije koje pokazuju pravac magnetnog polja oko magneta. One također pokazuju i jačinu polja. Pravac magnetnog polja je pravac u kojemu će se **sjeverni pol*** pomicati pod djelovanjem polja. Linije polja se mogu učiniti vidljivim posipanjem željezne pilotine oko magneta ili bilježenjem pravca igle **kompasa sa pisačem** (kompas na kojemu nije označen pravac) u različitim tačkama.



● **Gustina fluksa magnetnih silnica.** Mjera jačine magnetnog polja u nekoj tački. Ovo je prikazano zbijenošću **magnetnih silnica.** Gustina silnica je, naravno, najveća oko **polova***.



▲

● **Neutralna tačka.** Tačka u kojoj je magnetizam nula . Javlja se na mjestu gdje dva ili više magnetnih polja međudjeluju stvarajući suprotne efekte. Šipkasti magnet obješen duž **magnetnog meridijana** sa **južnim polom***, koji je usmjeren ka sjeveru, ima dvije neutralne tačke u pravcu **magnetske ose***.

● **Dijamagnetizam.** Magnetizam koji pokazuju neke supstance kada se nalaze u jakom magnetnom polju. Komad dijamagnetičkog materijala nastoji da razmakne **magnetne silnice** i postavlja se svojom dugom stranom okomito na njih. Ovaj efekat izazivaju **elektroni***.

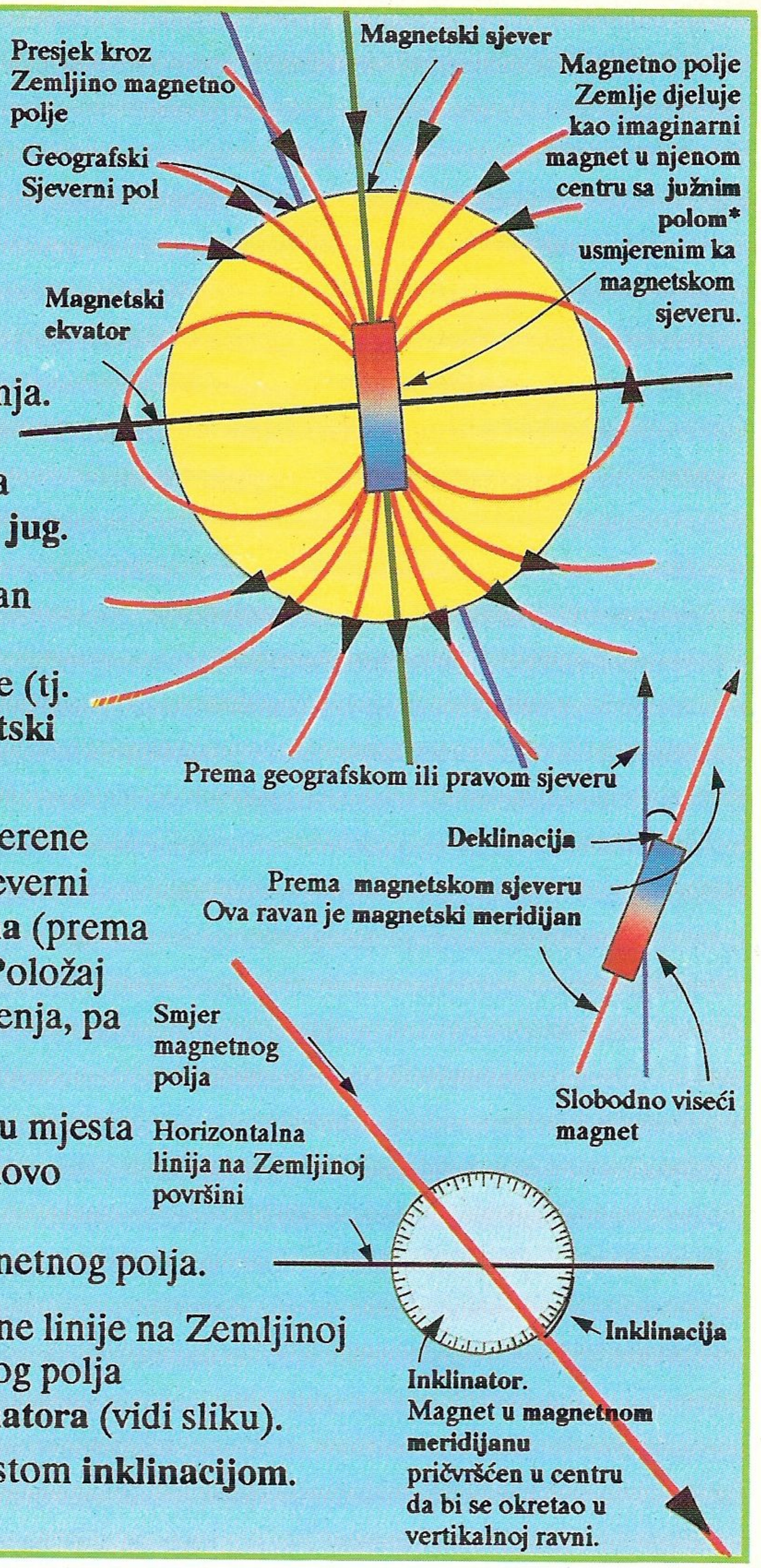
● **Paramagnetizam.** Magnetizam koji pokazuju neke supstance kada se nalaze u jakom magnetnom polju. Komad paramagnetičnog materijala nastoji da koncentriše **magnetne silnice** u sebi i postavlja se svojom dugom stranom paralelno s njima. Ovo izazivaju **dipoli*** koji se lagano kreću postavljajući se u pravac linija polja.

* **Dipol**, 71 ; **Elektroni**, 83 ; **Inducirani magnetizam**, 71 ; **Magnetna sila**, 6 ; **Magnetna osa, Pol**, 70.

Zemljin magnetizam

Zemlja stvara magnetno polje koje djeluje tako kao da u njenom centru postoji ogroman šipkasti magnet, postavljen približno u pravcu između njenih geografskih polova (sjevernog i južnog). No ugao pod kojim je pravac postavljen neprestano se mijenja.

Sjeverni pol* igle kompasa pokazuje tačku koja se zove **magnetski sjever**, a njegov južni pol pokazuje **magnetski jug.**



- **Magnetski meridijan.** Vertikalna ravan koja sadrži **magnetsku osu*** magneta obješenog u magnetnom polju Zemlje (tj. njegov **sjeverni pol*** pokazuje **magnetski sjever**).

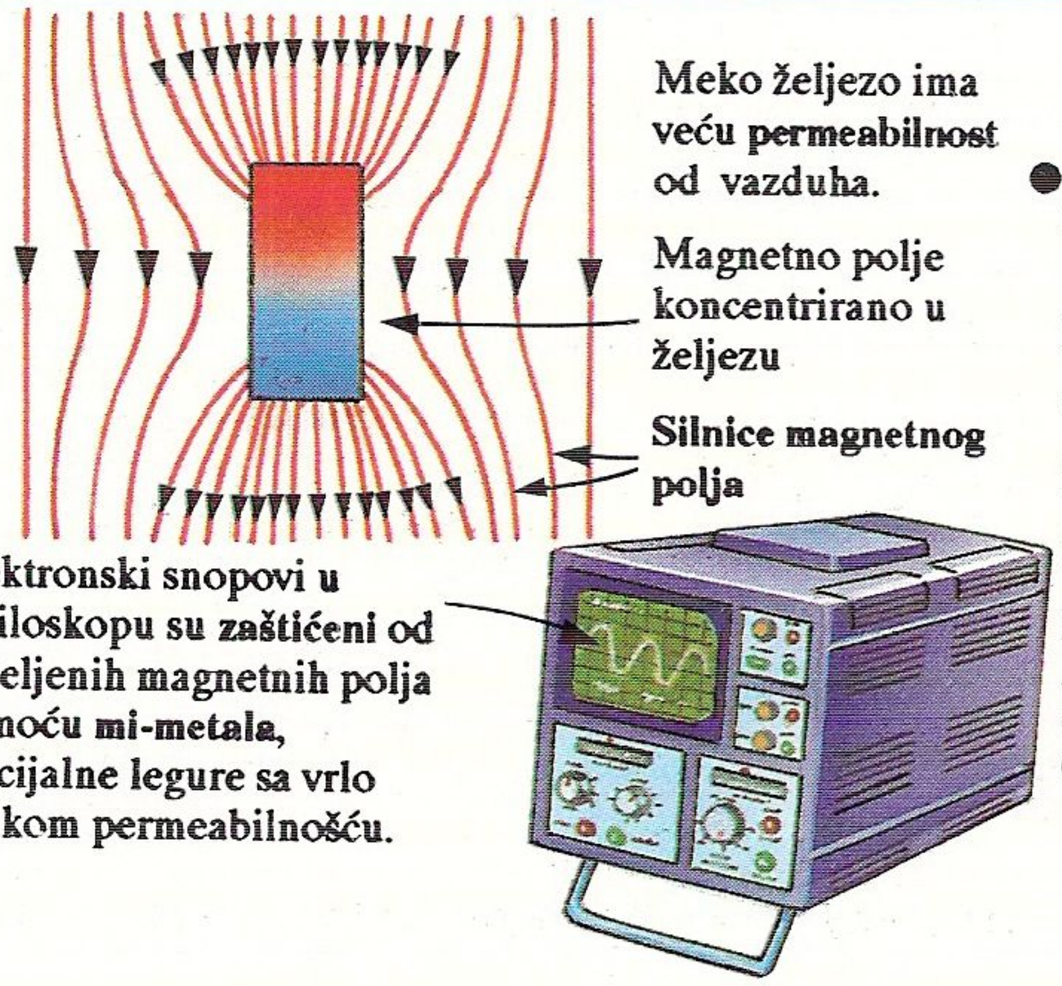
- **Deklinacija.** Ugao između linije usmjerene prema pravom sjeveru (geografski Sjeverni pol) i linije duž **magnetnog meridijana** (prema **magnetskom sjeveru**) u nekoj tački. Položaj magnetskog sjevera se postepeno mijenja, pa se i deklinacija polako mijenja.

- **Izogonalne linije.** Linije koje povezuju mjesta s jednakom **deklinacijom.** One se ponovo ucrtavaju s vremena na vrijeme zbog promjenljivog pravca Zemljinog magnetnog polja.

- **Inklinacija** . Ugao između horizontalne linije na Zemljinoj površini i pravca Zemljinog magnetnog polja u nekoj tački. Mjeri se pomoću **inklinatora** (vidi sliku).

- **Izoklina.** Linija koja spaja mjesta sa istom **inklinacijom.**

- **Magnetska permeabilnost.** Sposobnosti neke supstance da provodi magnetno polje. Meko željezo je mnogo propustljivije od vazduha, te magnetno polje teži da bude koncentrirano u njemu.

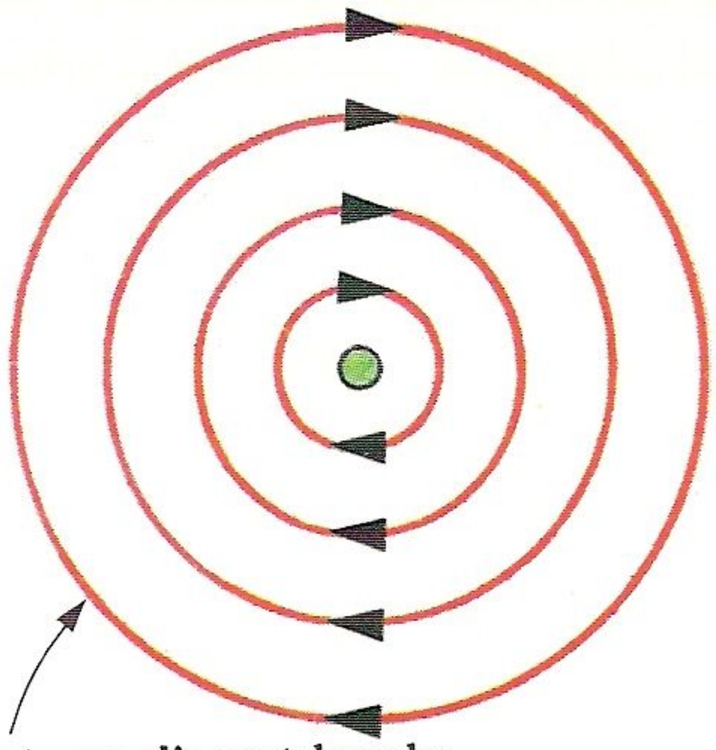


- **Zaštita ili ekraniranje.** Upotreba mekog magnetnog materijala da se spriječi djelovanje magnetnog polja u nekoj tački "odvodeći" magnetno polje. To se primjenjuje kod osjetljivih instrumenata.

* **Magnetska osa, Pol**, 70.

Elektromagnetizam

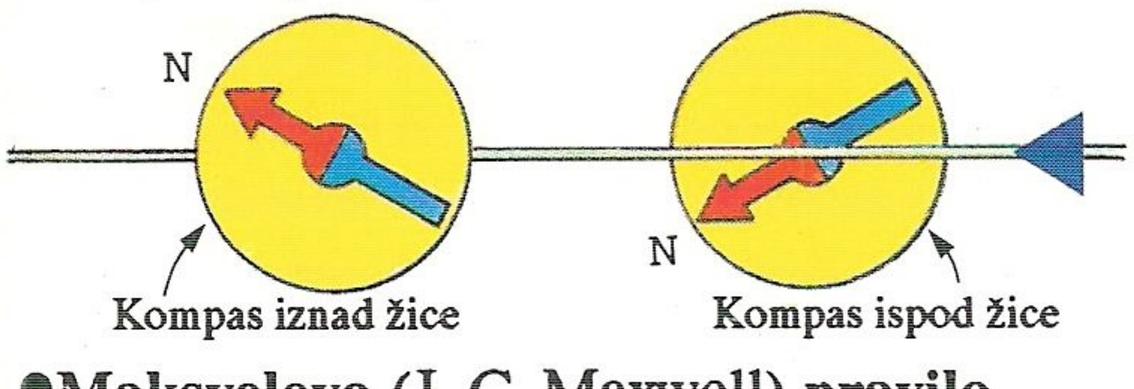
Električna struja koja teče kroz provodnik (žicu) stvara oko njega **magnetno polje** (vidi str. 72-73) čiji oblik zavisi od oblika provodnika i od struje. Ova magnetna polja mogu se predstavljati kao i polja **stalnih magneta***. Ovaj efekat, koji se zove **elektromagnetizam**, koristi se kod veoma jakih magneta kao i kod elektromotora (električna struja uzrokuje kretanje).



Poprečni presjek magnetnog polja nastalog oko pravolinijskog provodnika sa strujom (struja ulazi u papir).

- **Amperovo** (A. M. Ampère) **pravilo plivača** tvrdi da će sjeverni pol igle kompasa postavljenog blizu žice sa strujom skrenuti prema lijevoj ruci osobe za koju se pretpostavlja da pliva u pravcu struje licem okrenutim ka žici.

Amperovo pravilo plivača

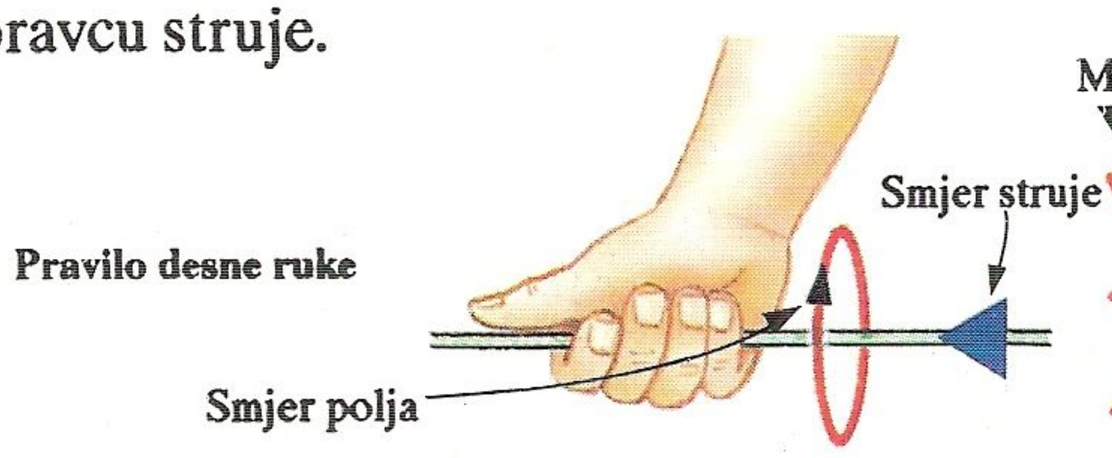


- **Maksvelovo** (J. C. Maxwell) **pravilo zavrtnja** tvrdi da je smjer magnetnog polja oko žice sa strujom jednak smjeru okretanja zavrtnja koji se zavrće u pravcu toka struje.

Maksvelovo pravilo zavrtnja



- **Pravilo desne ruke** tvrdi da je smjer magnetnog polja oko žice usmjeren u pravcu vrhova prstiju ako se žica drži desnom rukom s palcem u pravcu struje.



- **Kalem.** Namotaji žice sa strujom oko komada materijala (**oblikovač**). Primjeri su **ravni kalem i solenoid.**

- **Ravni kalem.** Namot od žice čija je dužina mala u poređenju sa njegovim prečnikom.

- **Solenoid.** Namot čija je dužina velika u poređenju s njegovim prečnikom. Magnetno polje koje stvara solenoid je slično onome koje stvara šipkasti magnet. Položaj **polova*** zavisi od pravca struje (vidi crtež).

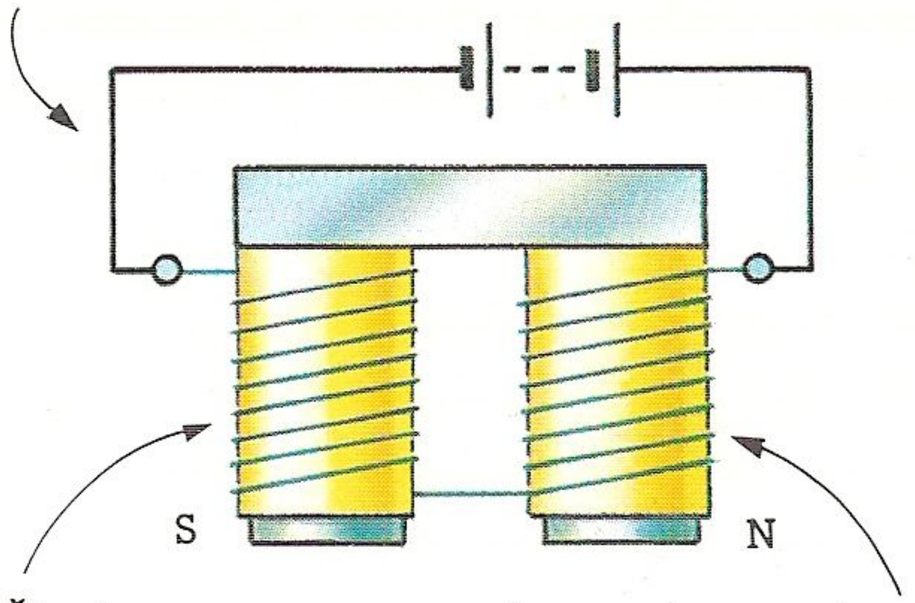
- **Jezgro.** Materijal u centru namota koji određuje jačinu polja. Meki **feromagnetični*** materijali, najčešće meko željezo, formiraju najjače magnetno polje i koriste se u **elektromagnetima.**



* **Feromagnetik**, 70 ; **Stalni magneti, (Tvrdi feromagnetik)** ; **Pol**, 70.

● **Elektromagnet. Solenoid sa jezgrom** od mekog veoma **feromagnetičnog*** materijala. To je magnet koji se može uključiti i isključiti jednostavno uključivanjem, odnosno isključivanjem struje. U praksi se magneti konstruišu tako da se dva suprotna **pola*** približe, stvarajući jako magnetno polje. Elektromagneti imaju više primjena od kojih su neke prikazane ovdje.

Elektromagnet formiran od dva solenoida s željeznim jezgrima i komadom željeza između krajeva.



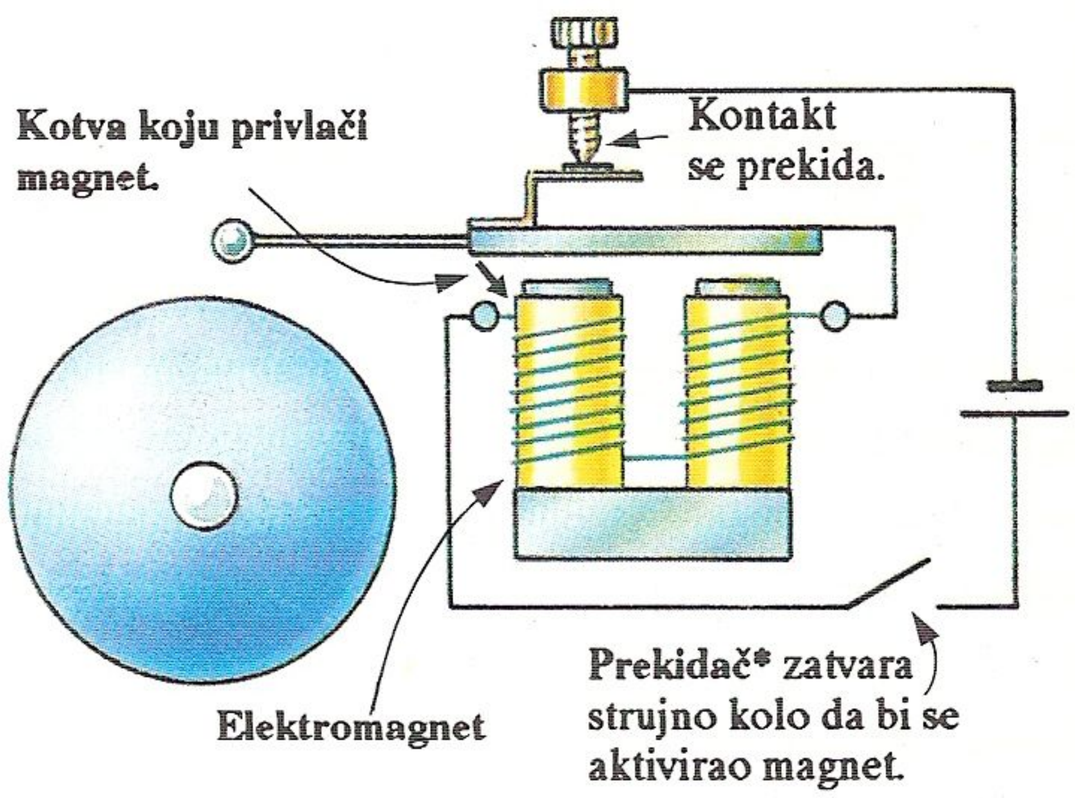
Žica je namotana u suprotnim pravcima u svakom solenoidu da bi struja stvorila suprotne polove*.

Primjena elektromagneta

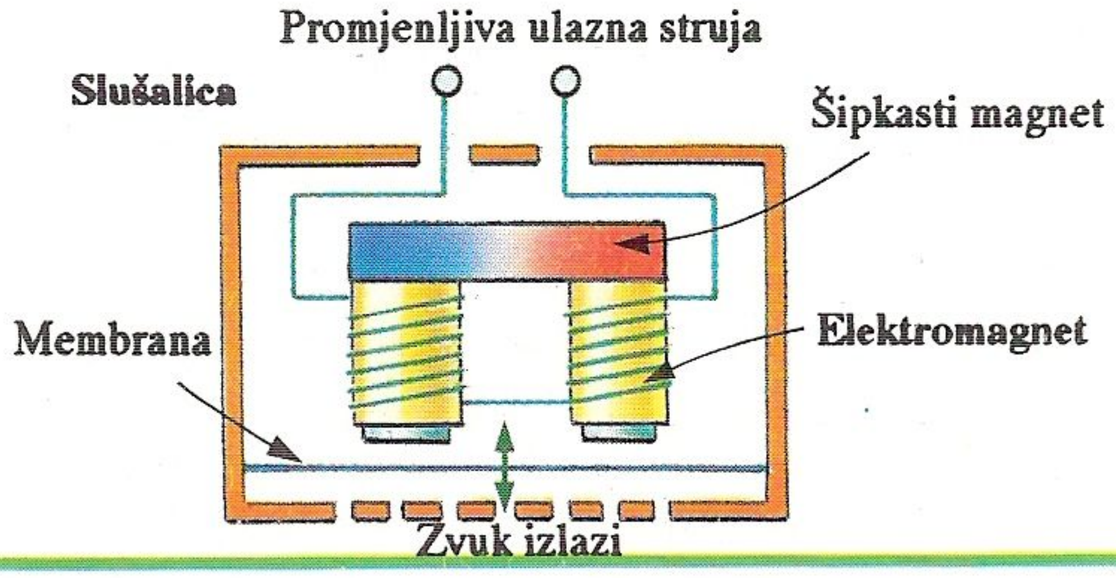
Elektromagneti imaju veoma široku primjenu a svaka se bazira na činjenici da oni privlače metale kada su uključeni, i zato pretvaraju **električnu energiju*** u **mehaničku***. U dva od primjera koji slijede iz mehaničke energije je stvorena zvučna.

● **Električna zujalica.** Uređaj koji proizvodi zujanje pomoću **jednosmjerne struje*. Elektromagnet** privlači metalnu ručicu (kotvu), ona se kreće prema njemu i time prekida strujno kolo koje vodi struju do elektromagneta. Tako se kotva oslobađa i proces se ponavlja. Kod **električnog zvona** na kotvu je pričvršćen čekić koji ponavlja udarce na zvono.

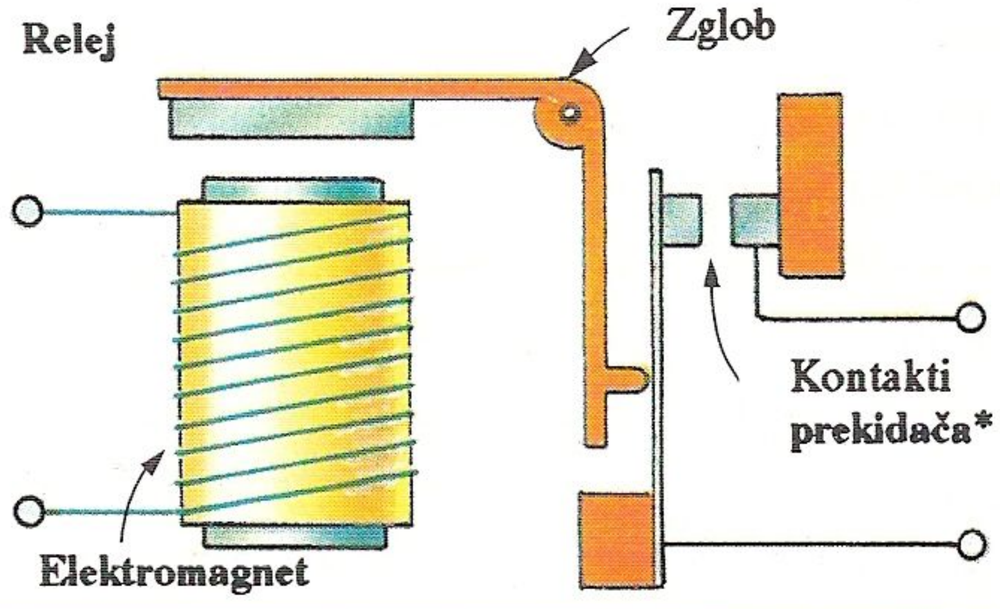
Električno zvono



● **Slušalica.** Uređaj koji se koristi za transformisanje električnih signala u zvučne talase. **Stalni magnet*** privlači metalnu membranu, ali se jačina tog privlačenja mijenja promjenom struje (ulazni signali) koja teče kroz **elektromagnet.** Membrana vibrira i proizvodi zvučne talase.



● **Relej.** Uređaj u kome se **prekidač*** zatvara pod djejstvom **elektromagneta.** Relativno mala struja u namotu može se upotrijebiti za uključivanje velike struje bez električnog povezivanja strujnog kola.

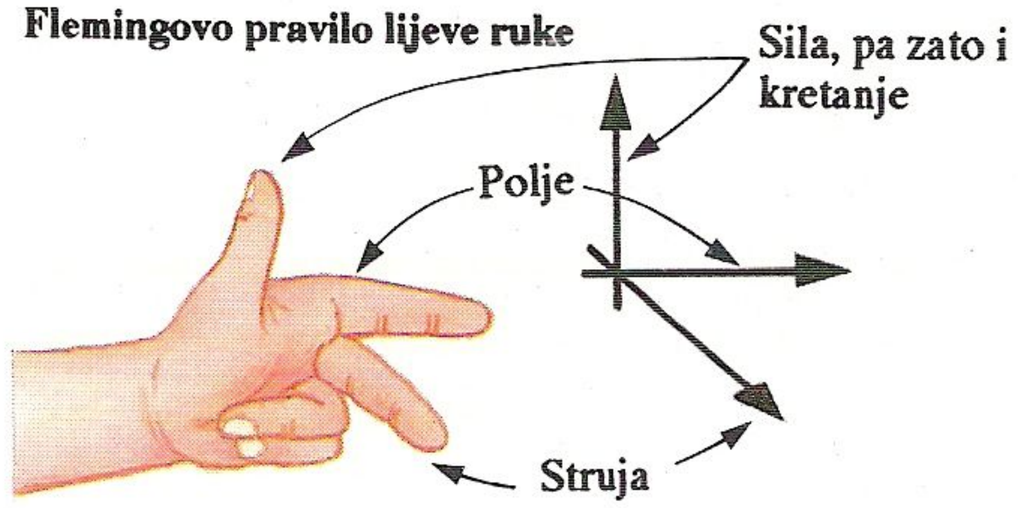


*** Jednosmjerna struja, 60 ; Električna energija, 9 ;Feromagnetik, 70 ; Mehanička energija, 9 ; Stalni magneti, 70 ; (Tvrdi feromagnetik), 70 ; Pol, 70 ; Prekidač, 64.**

Elektromagneti - nastavak - efekat motora

Efekat motora se javlja kada provodnik sa strujom prolazi kroz magnetno polje. Na provodnik djeluje sila koja može izazvati kretanje. Ovaj efekat se primjenjuje kod **električnih motora** gdje **mehanička energija*** nastaje iz **električne***. Ovaj efekat se također može koristiti za mjerenje struje (vidi str.77), jer sila zavisi od jačine struje.

Flemingovo pravilo lijeve ruke



- **Flemingovo pravilo lijeve ruke** ili **pravilo motora**. Pravac sile koja djeluje na provodnik sa strujom u magnetnom polju može se pokazati lijevom rukom (vidi crtež).

- **Električni motor**. Uređaj koji se koristi **efektom motora** da bi **električnu energiju*** pretvorio u **mehaničku***. Najjednostavniji motor se sastoji od četvrtastog ravnog **kalema*** sa strujom, koji slobodno rotira u magnetnom polju (vidi crtež). Motori proizvode **povratnu EMS*** koja se suprotstavlja elektromotornoj sili koja ih pokreće. Do toga dolazi, jer kada se jednom motor pokrene, on djeluje kao **generator*** (tj. kretanje kalema u polju proizvodi suprotnu struju).

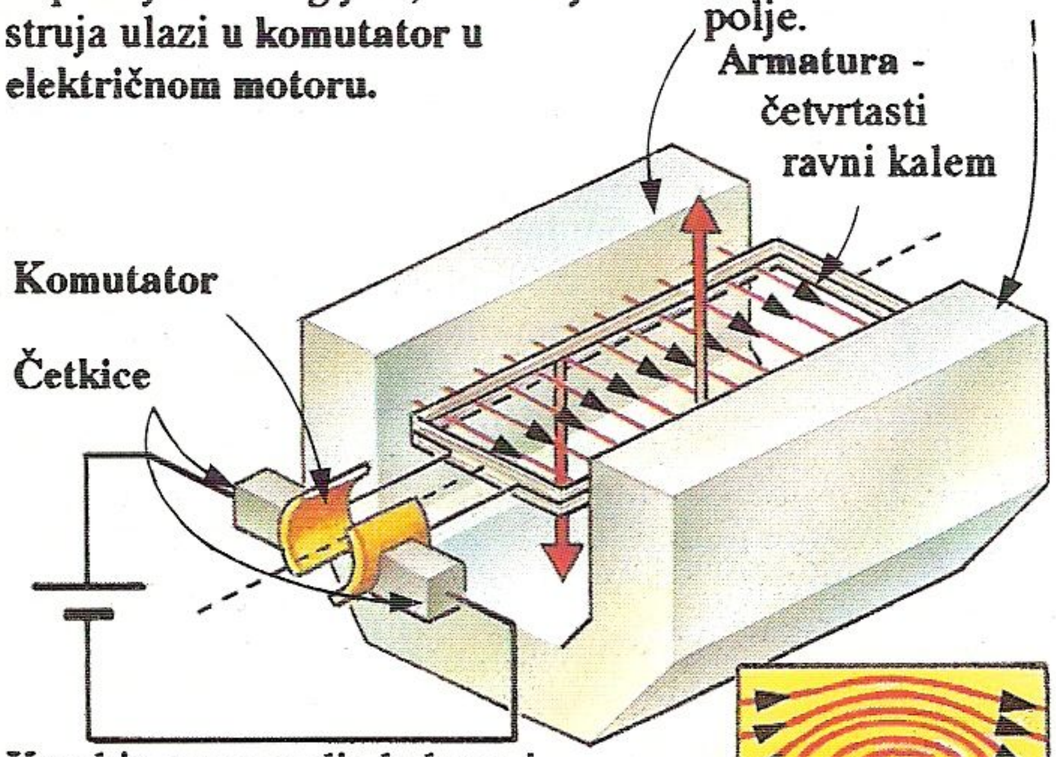
- **Barloov točak**. Mesingani točak sa šiljcima u magnetnom polju. Struja ulazi u njegov centar i izlazi na šiljku uronjenom u živu. Motor pokreće točak koji se okreće, a šiljci jedan za drugim uranjaju u živu.

- **Vanjski namotaji**. Nizovi **kalemova*** oko vanjskog dijela **električnog motora** koji imaju ulogu stalnog magneta da bi stvarali jače magnetno polje. To povećava snagu motora.

Jednostavni električni motor

Komutator. Prsten podijeljen u dva ili više dijelova preko kojih struja ulazi i izlazi iz **kalema*** **električnog motora** u određenom pravcu da bi proizvela kontinuirano rotiranje motora u jednom pravcu.

Četkice. Kontakti, obično napravljeni od ugljika, kroz koje struja ulazi u **komutator** u **električnom motoru**.



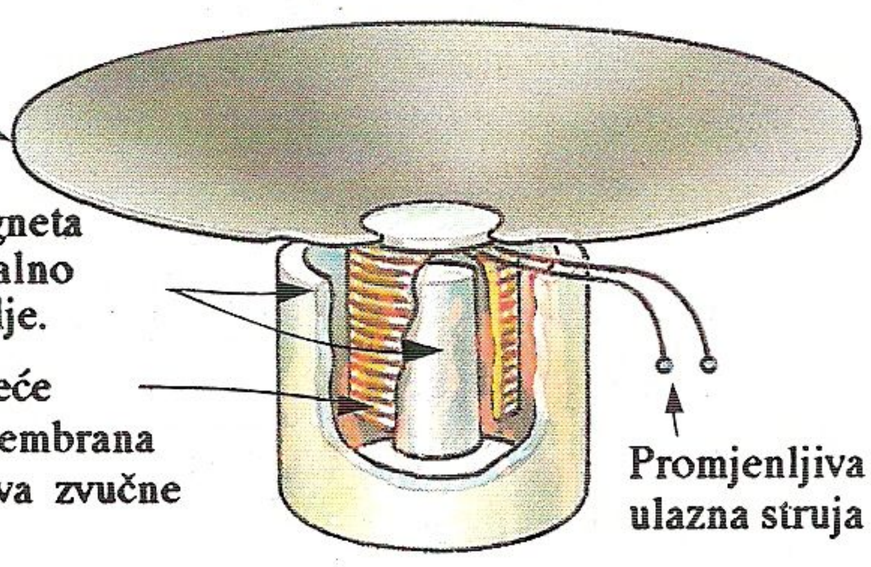


Kombinovana polja kalema i magneta (gledano duž navoja provodnika u kalemu)

Sila koja djeluje prema dolje, nastala na ovoj strani kalema sa silom koja djeluje prema gore na drugoj strani kalema čini spreg i okreće kalem.

- **Zvučnik**: Uređaj koji se koristi **efektom motora** da električne signale pretvori u **zvučne talase***. Sastoji se od **kalema*** u radijalnom magnetnom polju (pravac polja u bilo kojoj tački je usmjeren ka centru). Kako se struja mijenja, kalem koji je spojen sa papirnatim konusom ulazi i izlazi iz polja (vidi crtež). Papirnati konus vibrira u vazduhu proizvodeći zvučne talase koji zavise od jačine i frekvencije struje.

Zvučnik



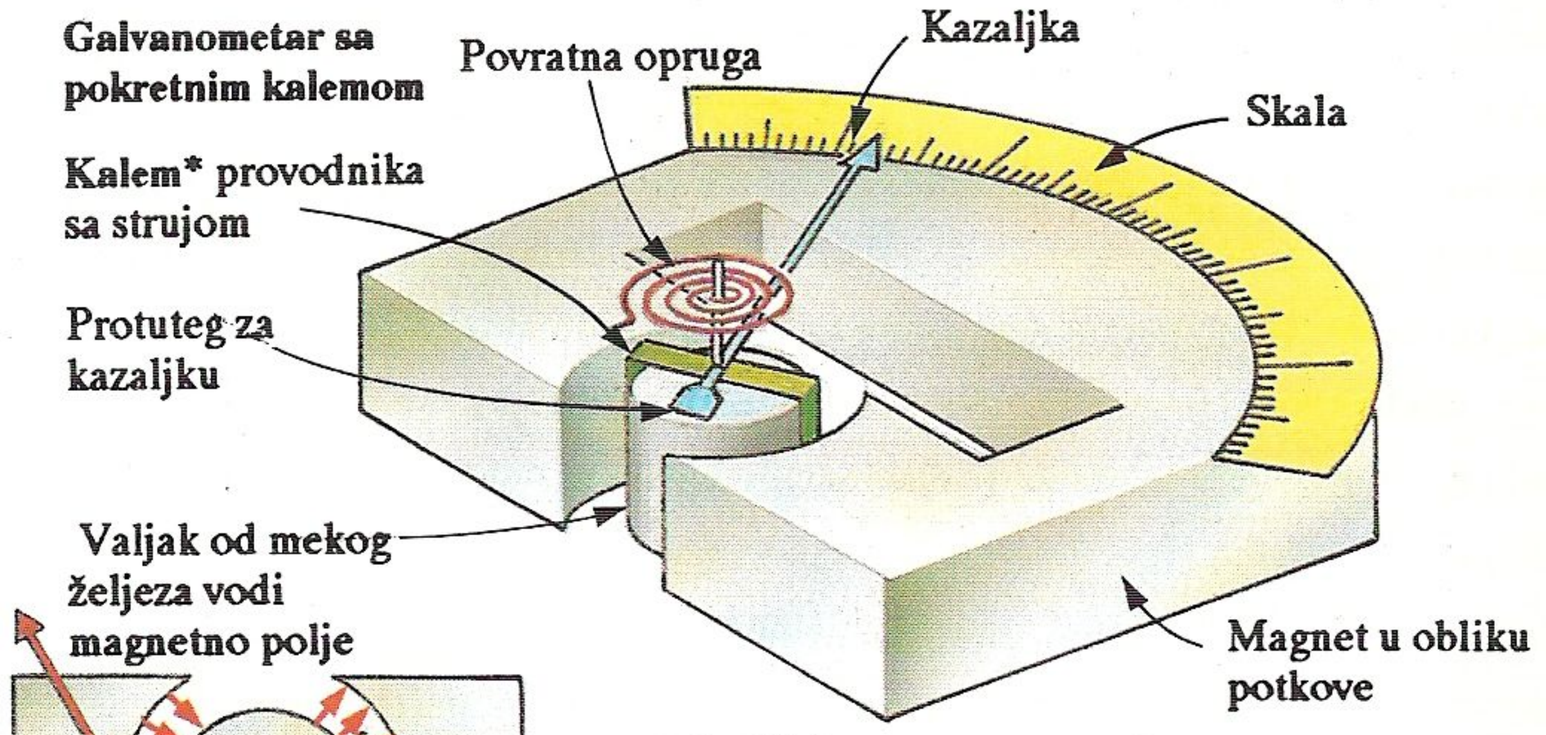
Dva pola magneta stvaraju radijalno magnetno polje.

Kalem* se kreće gore-dolje, membrana vibrira i izaziva zvučne talase.

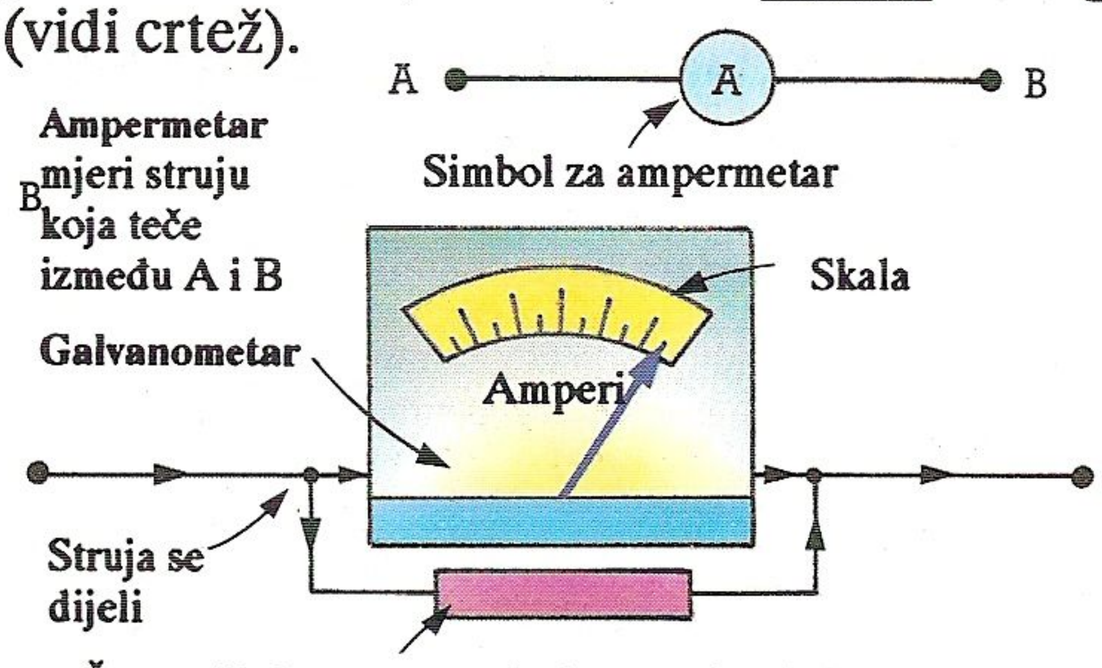
*** Povratna EMS, 60 (Elektromotorna sila) ; Kalem, 74 ; Električna energija, 9 ; Generator, 78 ; Mehanička energija, 9 ; Zvučni talasi, 40.**

Instrumenti za mjerenje struje

Struja se može ustanoviti vješanjem magneta blizu provodnika sa strujom i posmatranjem njegovog skretanja. Ova ideja se može primijeniti za proizvodnju uređaja (**mjerila**) kod kojega skretanje pokazuje na skali jačinu struje. Sprave za mjerenje struje mogu se prilagoditi da mjere **potencijalnu razliku***.

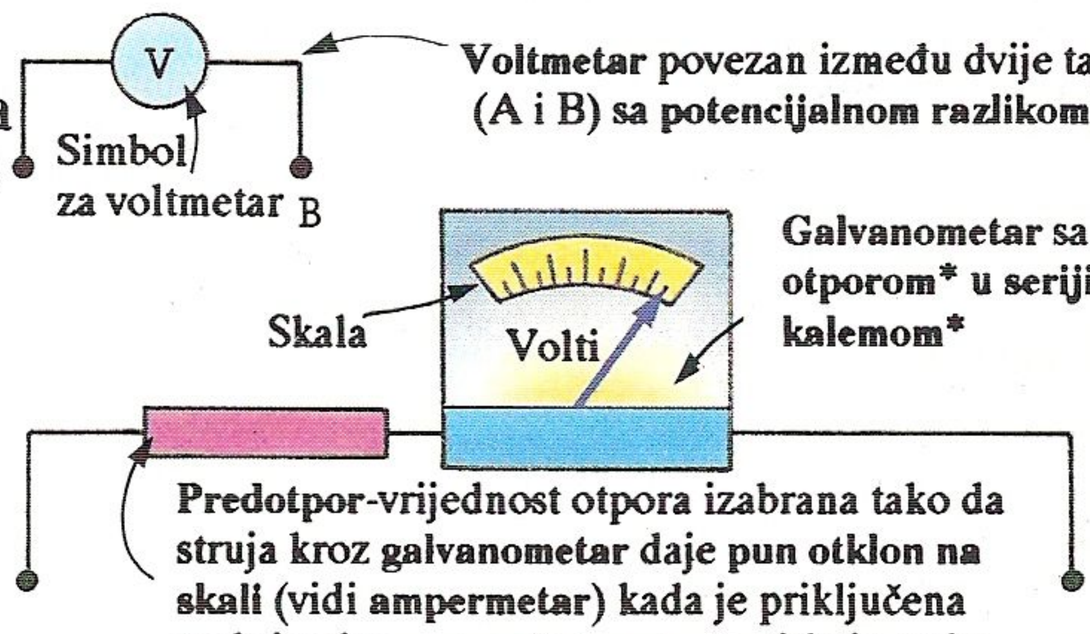


- **Galvanometar.** Bilo koja sprava za detekciju **jednosmjerne struje*** bilježenjem njenog magnetnog efekta. Najjednostavniji je kompas stavljen pored provodnika da jednostavno pokaže ima li struje ili ne. **Galvanometar sa pokretnim kalemom** se koristi **efektom motora** da prikaže skretanje na skali (vidi crtež).



- **Ampermetar.** Instrument koji se upotrebljava za mjerenje struje. To je oblik **galvanometra sa pokretnim kalemom** napravljenim tako da izvjesna struja izaziva **maksimalni otklon kazaljke na skali.** Za mjerenje većih struja dodaje se **paralelna veza otpora** (**šent**) (vidi crtež). Jača struja sada izaziva puno skretanje kazaljke na novoj skali.

- **Voltmetar.** Instrument koji se upotrebljava za mjerenje **potencijalne razlike*** između dvije tačke. To je **galvanometar** između dvije tačke sa velikim **otporom* u seriji.*** Izvjesna potencijalna razlika proizvodi struju koja odgovara **punom skretanju kazaljke na skali** (vidi **ampermetar**). Za mjerenje većih potencijalnih razlika dodaje se **predotpor** (vidi crtež).



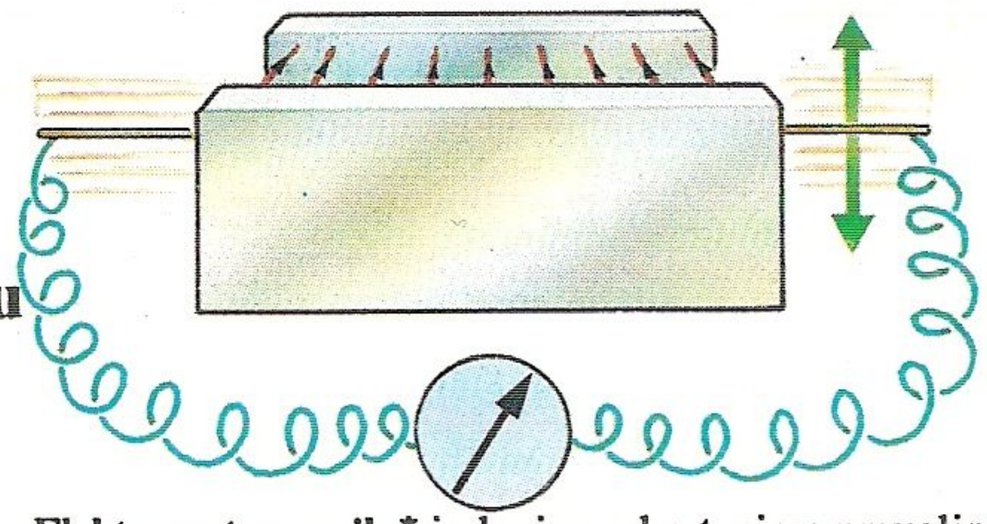
- **Multimetar. Galvanometar** kombinovan s **paralelnom vezom - šent** (vidi **ampermetar**) i **predotporom** (vidi **voltmetar**) za mjerenje struje i **potencijalne razlike***.

- **Instrument sa pokretnim željezom.** Instrument kod kojega struja, koja se mjeri, inducira magnetizam u dva komada željeza koji se tada odbijaju ili privlače da bi proizveli skretanje.

* **Kalem**, 74 ; **Jednosmjerna struja**, 60 ; **Potencijalna razlika**, 58 ; **Otpor**, 62 ; **Serija**, 64.

Elektromagnetna indukcija

Majkl Faradej (M. Faraday) je otkrio slijedeće: kao što električna struja koja prolazi kroz provodnik u magnetnom polju izaziva kretanje provodnika (**efekt motora**, str.76), kretanje **provodnika*** u magnetnom polju izaziva **elektromotornu silu*** u provodniku. Ta pojava se zove **elektromagnetna indukcija**. Do nje dolazi kada god se provodnik nalazi u promjenljivom magnetnom polju.

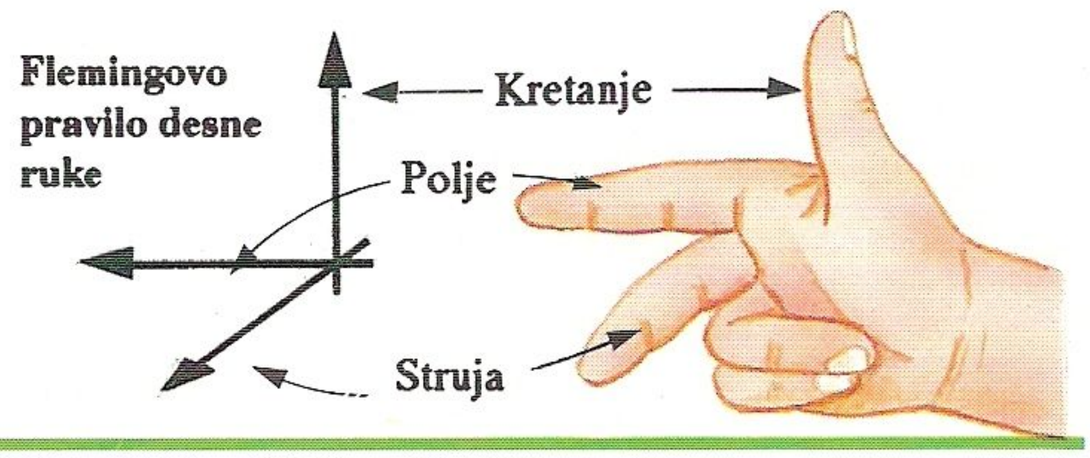


Elektromotorna sila* inducirana kretanjem pravolinijskog provodnika u magnetnom polju proizvodi struju koja teče kroz galvanometar*.

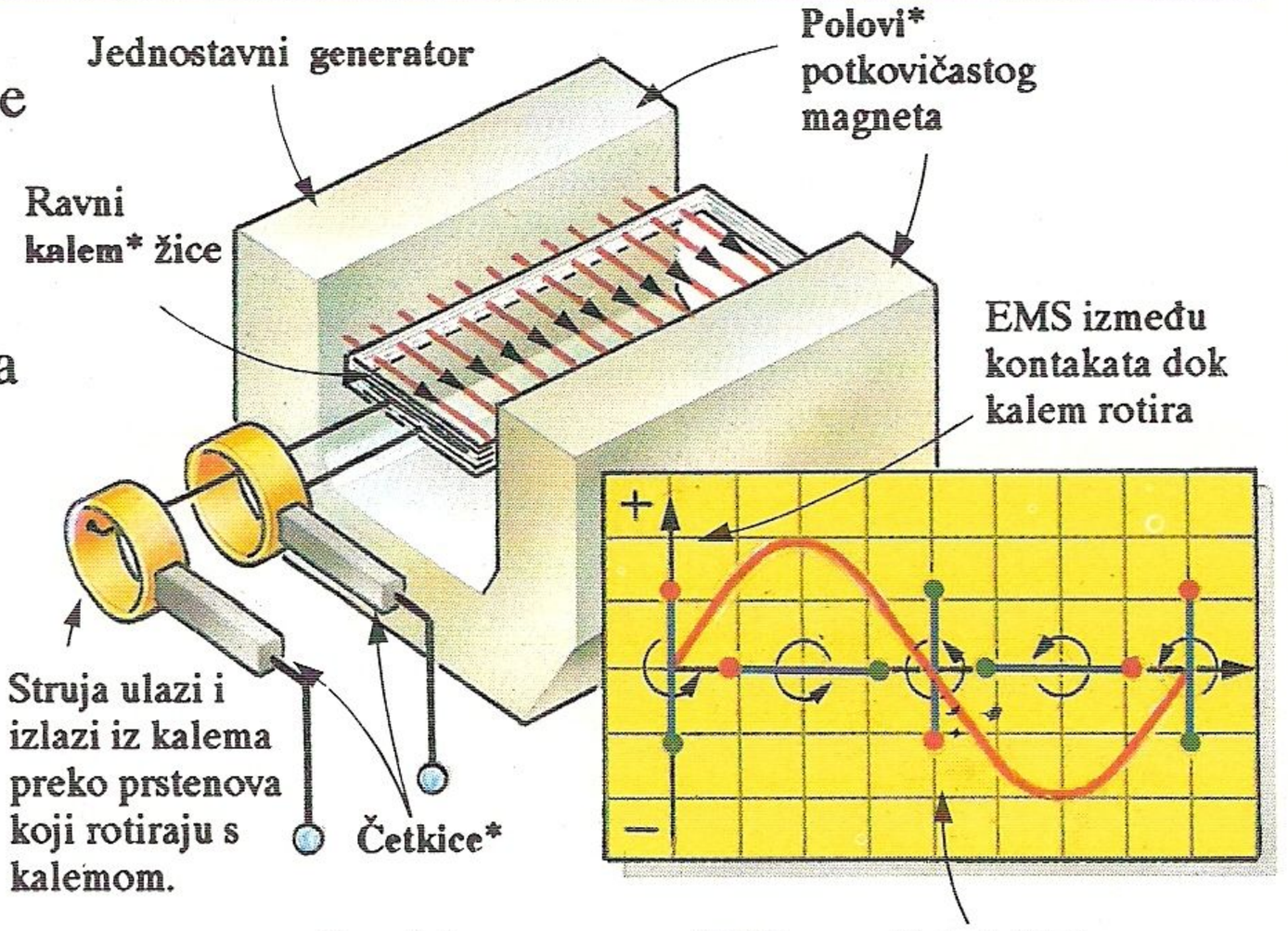
- **Faradejev zakon indukcije.** Indukovana elektromotorna sila u **provodniku*** proporcionalna je promjeni magnetnog polja.

- **Lencovo pravilo** tvrdi da inducirana elektromotorna sila uvijek nastoji da se suprotstavi svom uzroku, npr. nastala EMS u **električnom motoru***, jer on djeluje kao **generator**, suprotstavlja se EMS koja pokreće motor.

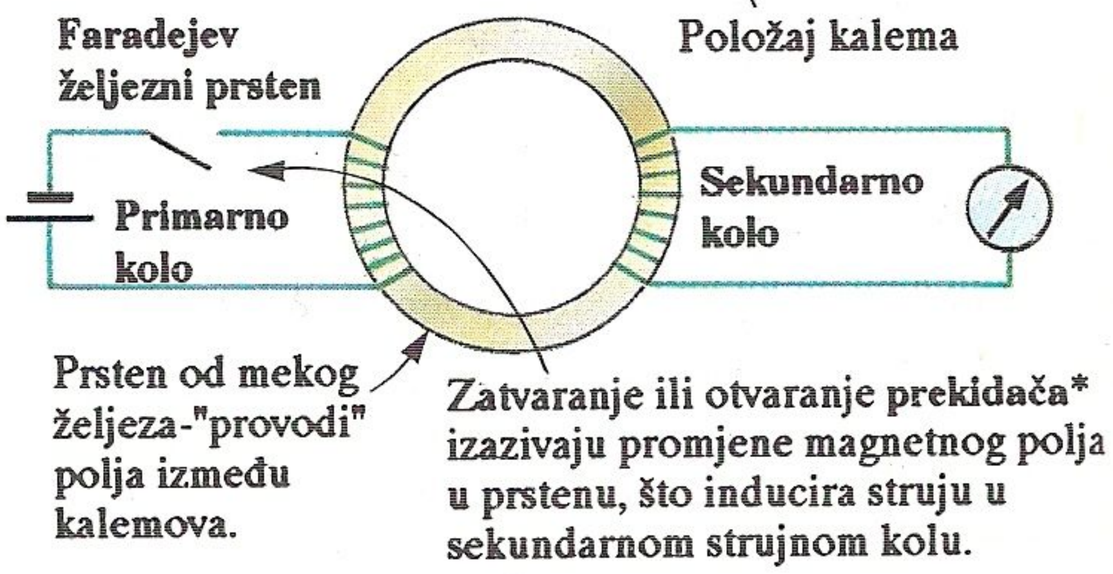
- **Flemingovo pravilo desne ruke ili dinamo - pravilo.** Pravac indukovane struje može se pokazati desnom rukom pomoću pravca magnetnog polja i pravca kretanja provodnika (vidi crtež).



- **Generator ili dinamo-mašina.** Uređaj koji se koristi za stvaranje električne struje iz **mehaničke energije***. U najjednostavnijem generatoru (vidi crtež) promjenljiva elektromotorna sila je inducirana u **kalemu*** dok on rotira u magnetnom polju. Generator za **jednosmjernu struju*** ima **komutator*** kao na **električnom motoru***, što znači da struja uvijek teče u istom pravcu.



- **Uzajamna indukcija.** Indukcija elektromotorne sile u **kalemu*** žice mijenjanjem struje u drugom kalemu. Promjenljiva struja izaziva promjenljivo magnetno polje koje inducira struju u bilo kom drugom kalemu u polju. Ovo je prvi put prikazano pomoću **Faradejevog željeznog prstena.**



* **Četkice**, 76 ; **Kalem**, 74 ; **Komutator**, 76 ; **Provodnik**, 56 ;**Jednosmjerna struja**, 60 ;**Električni motor**, 76 ; **Elektromotorna sila**, 60 ;**Galvanometar**, 77 ; **Mehanička energija**, 9 ; **Pol**, 70 ; **Prekidač**, 64.

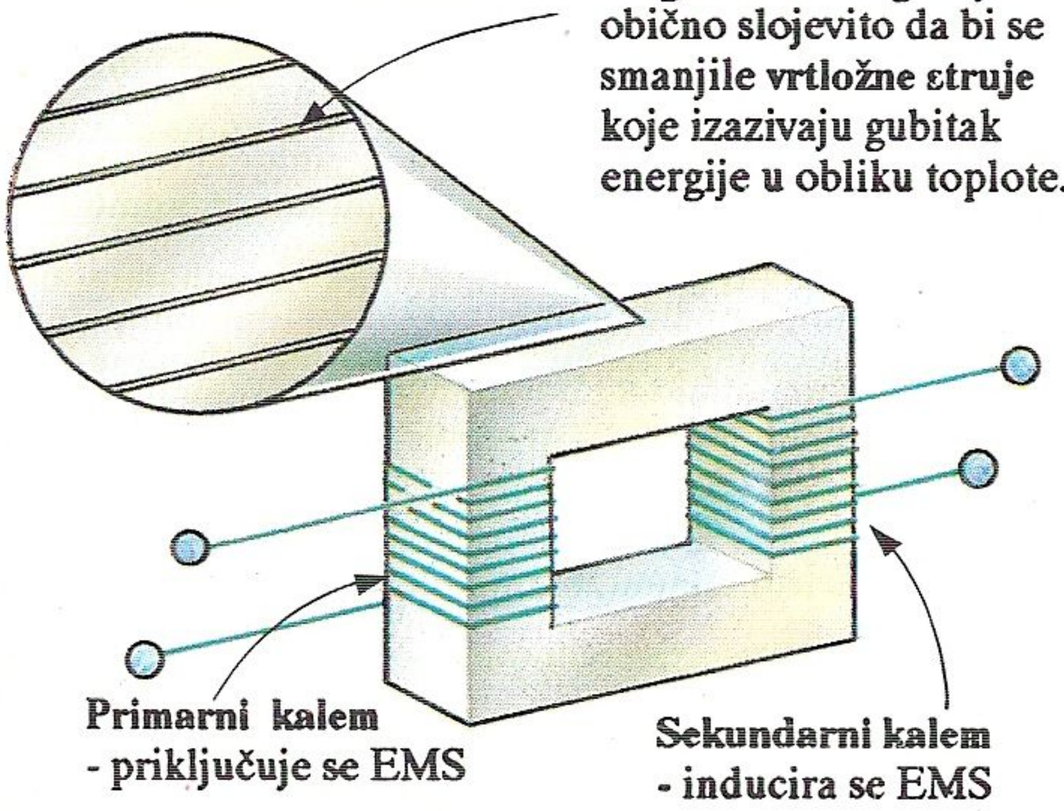
● **Samoindukcija.** Indukcija elektromotorne sile u **kalemu*** žice uslijed promjene struje u njemu. Npr. ako se struja u kalemu isključi, rezultujuća promjena magnetnog polja izaziva elektromotornu silu u kalemu, u nekim slučajevima mnogo veću od početne.

● **Vrtložna struja.** Struja koja nastaje u komadu metala kada se magnetno polje oko njega mijenja, čak i kada metal nije dio strujnog kola. Vrtložne struje mogu proizvesti neželjenu toplotnu energiju, npr. u željeznom jezgru **transformatora.**

Transformatori

Transformator se sastoji od dva **kalema*** žice namotane na isto **jezgro*** od mekog **feromagnetičnog*** materijala.
Upotrebljava se za izmjenu promjenljive EMS sile u jednom od kalema u drugačiju EMS u drugom kalemu, npr. u snabdijevanju električnom energijom, vidi str.61. U dobro konstruisanom transformatoru ne izgubi se gotovo nimalo energije.

Jednostavni transformator



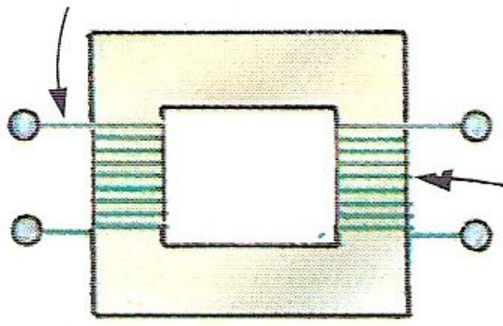
● **Primarni kalem. Kalem*** u transformatoru na koji se priključuje promjenljiva elektromotorna sila da bi se proizvela elektromotorna sila u **sekundarnom kalemu.**

● **Sekundarni kalem. Kalem*** u transformatoru u kojem se inducira promjenljiva elektromotorna sila pomoću elektromotorne sile priključene na **primarni kalem.** Neki transformatori imaju dva ili više sekundarnih kalema.

● **Odnos broja namotaja (koeficijent transformacije).** Odnos broja namotaja u **primarnom kalemu** transformatora prema broju namotaja u **sekundarnom kalemu.** Taj odnos je također odnos elektromotornih sila u primarnom i sekundarnom kalemu.

Primarni kalem sa N_1 namotaja i priključenom EMS V_1

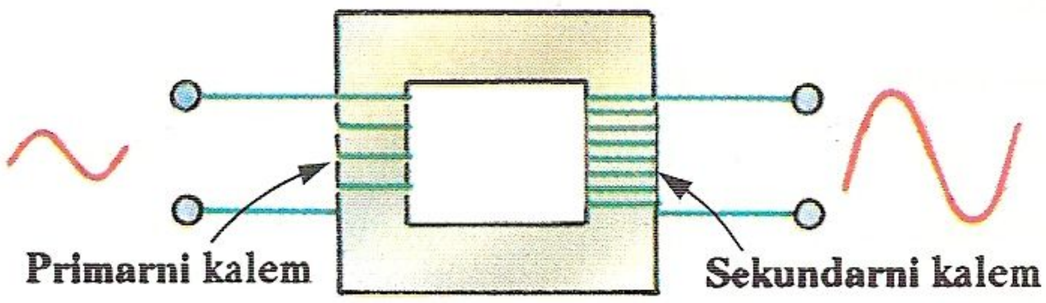
Odnos broja namotaja
$$= \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$



Sekundarni kalem sa N_2 namotaja i indukovanom EMS V_2

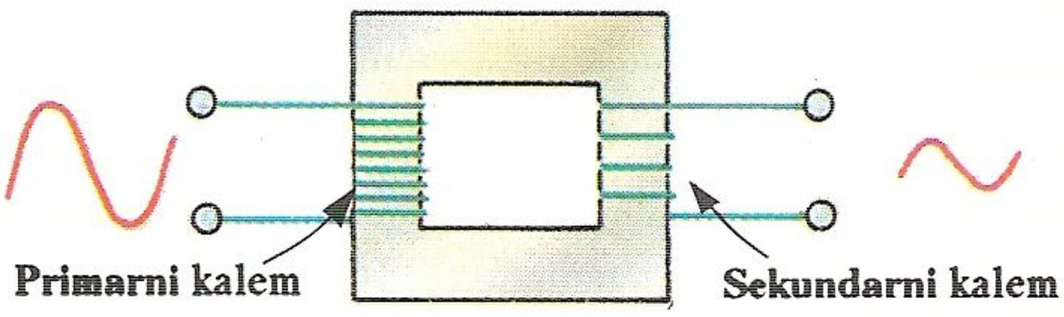
● **Transformator za povećanje.** **Transformator** kod kojeg je EMS u **sekundarnom kalemu** veća od EMS u **primarnom kalemu.** Odnos broja namotaja je manji od jedan.

Transformator za povećanje



● **Transformator za smanjivanje.** **Transformator** kod kojeg je EMS u **sekundarnom kalemu** manja od EMS u **primarnom kalemu.** Odnos broja namotaja je veći od jedan.

Transformator za smanjivanje



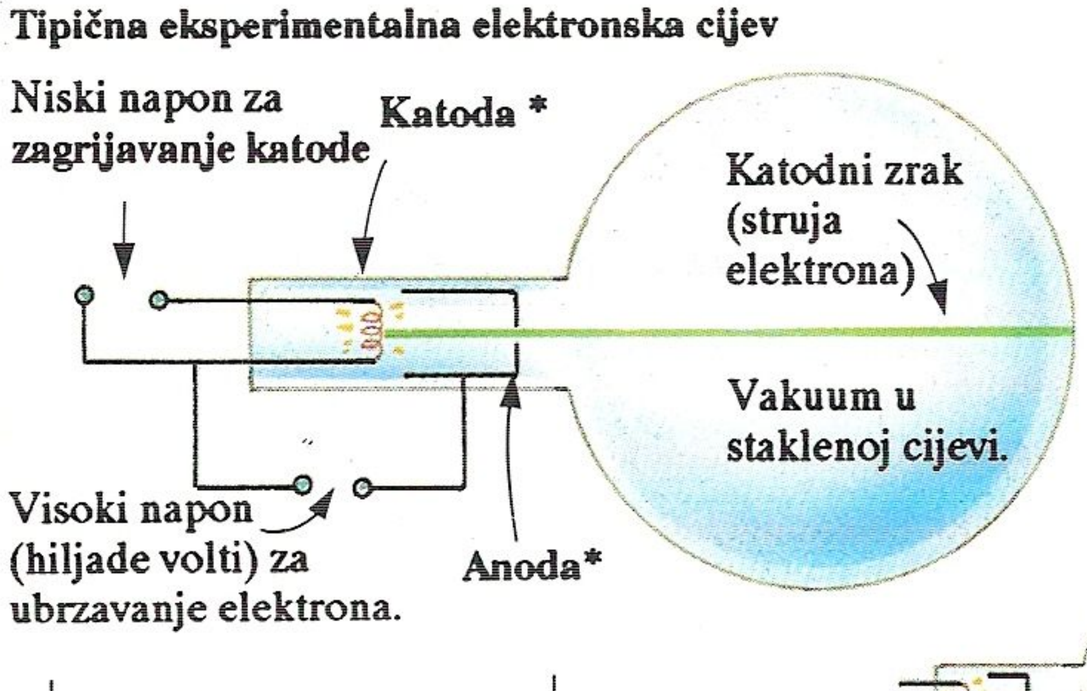
* **Kalem, Jezgro,** 74 ; **Feromagnetik,** 70.

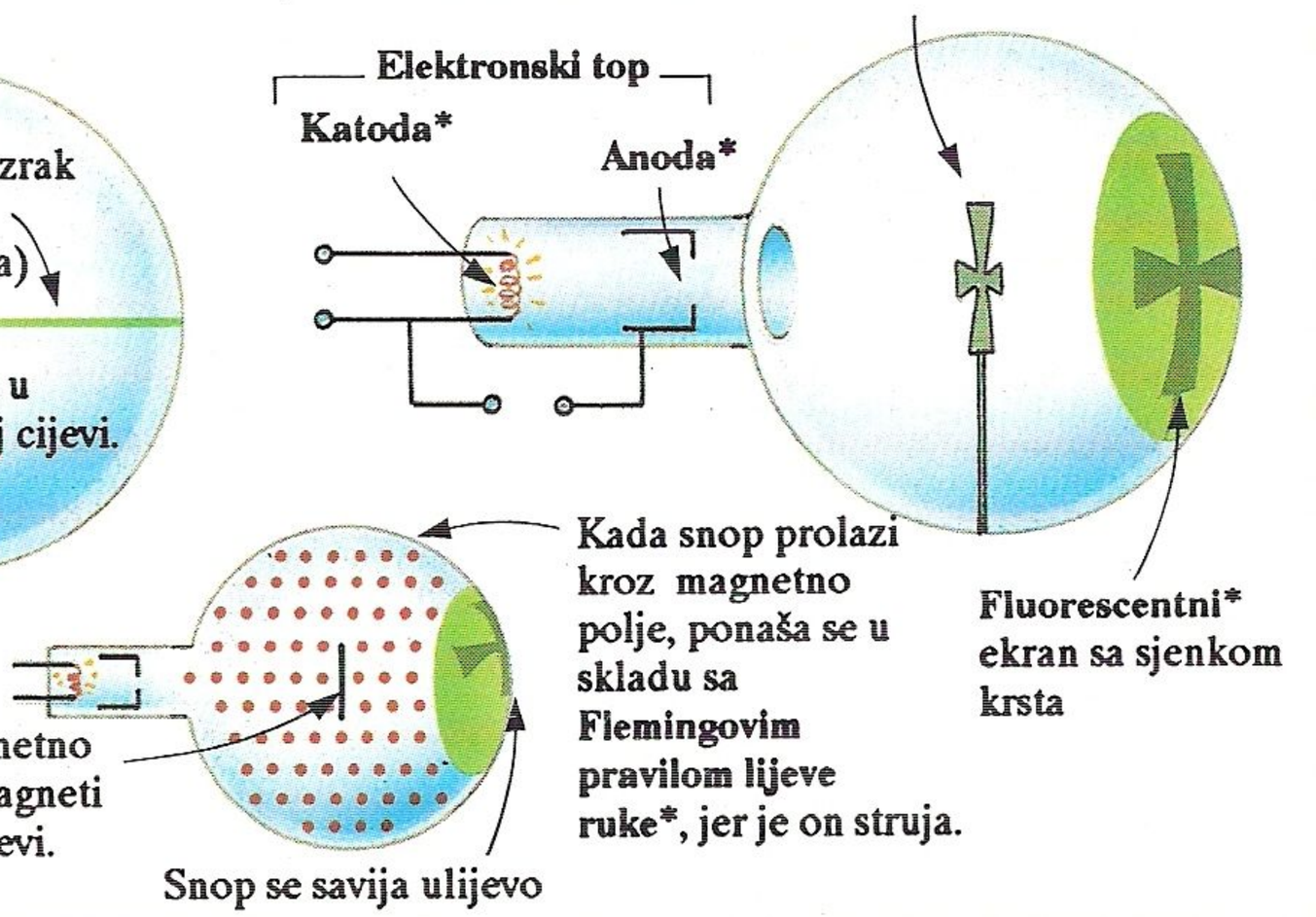
Katodni zraci (snop elektrona)

Katodni zrak je neprekidna struja **elektrona** (negativno nabijene čestice - vidi str. 83) koji putuju kroz gas pod niskim pritiskom ili kroz vakuum. Katodni zraci se pojavljuju kada se elektroni oslobađaju sa metalne **katode*** i kada ih **anoda*** privlači. Oni imaju više primjena, od stvaranja **X-zraka*** do **televizije**, a sve uključuje upotrebu oblikovane staklene cijevi (zove se **elektronska cijev**) u kojoj je gas pod niskim pritiskom ili vakuum kroz koji se elektroni kreću. Elektronski snop obično proizvodi **elektronski top** koji je dio elektronske cijevi.

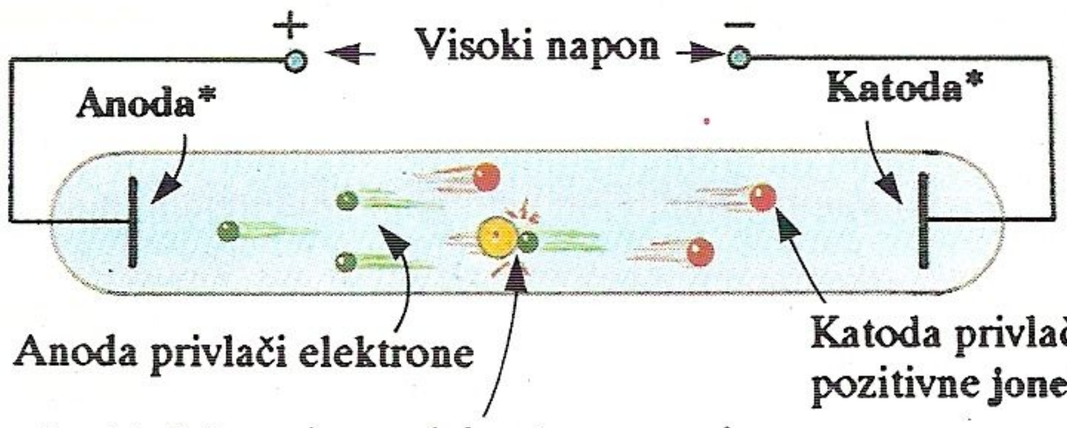
- **Elektronski top.** Uređaj koji stvara neprestanu struju elektrona (katodni zrak). Sastoji se od **katode*** koja se zagrijava i otpušta elektrone (ovo se zove **termoelektronska emisija***) i **anode*** koja privlači te elektrone i formira snop.

- **Cijev sa malteškim krstom.** Elektronska cijev u kojoj je metalni krst koji prekida elektronski snop i baca "sjenku" na **fluorescentni*** ekran na kraju cijevi. Ovo pokazuje da se elektroni kreću pravolinijski.



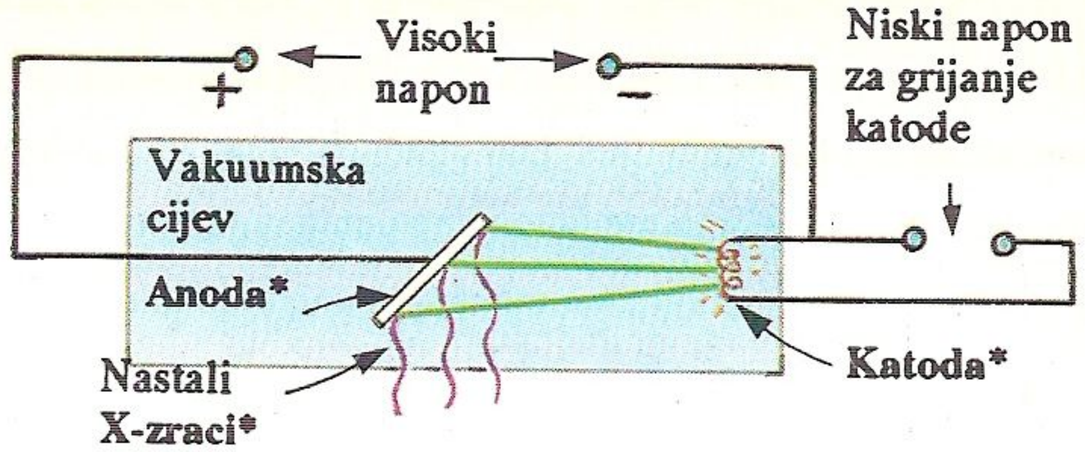


- **Cijev za električno pražnjenje.** Staklena cijev ispunjena gasom, u kojoj **elektrode*** privlače **jone*** i elektrone koji se prema njima kreću velikom brzinom. Uslijed toga, oni se sudaraju sa atomima gasa, prouzrokujući njihovo cijepanje u nove jone i elektrone i istovremeno se emituje svjetlost. Boja svjetlosti zavisi od upotrijebljenog gasa, npr. neon daje narandžastocrvenu svjetlost (upotrebljava se za reklame), a živina para daje plavozelenu svjetlost (upotrebljava se za uličnu rasvjetu). Cijevi za električno pražnjenje koriste pet puta manje energije nego drugi oblici rasvjete. **Fluorescentna cijev** je cijev za električno pražnjenje ispunjena živinom parom, koja emituje **ultravioletno zračenje***. Ono pogađa unutrašnjost cijevi obloženu specijalnim prahom i iz cijevi izlazi **vidljiva svjetlost*** (vidi **fluorescencija**, str.45).



*** Anoda, Katoda, 66 (Elektrode) ; Flemingovo pravilo lijeve ruke, 76 ; Fluorescencija, 45 ; Joni, 88 (Jonizacija) ; Ultravioletno zračenje, 44 ; Vidljiva svjetlost, 45 ; X- zraci, 44.**

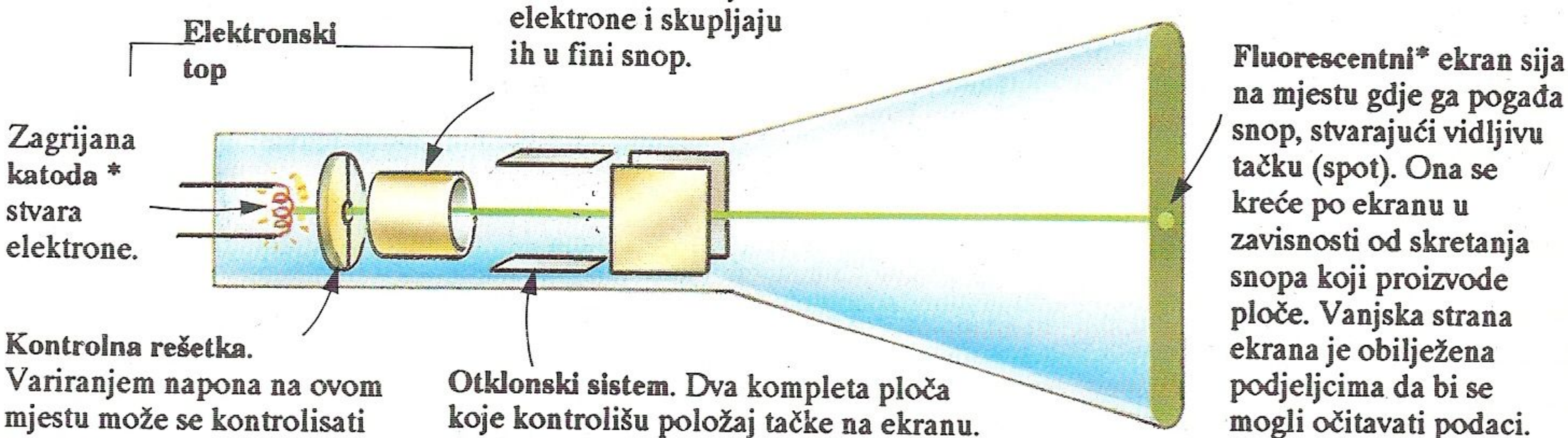
- **Rendgenska cijev (cijev za dobijanje X-zraka).** Specijalna **elektronska cijev** koja se koristi da stvori snop **X-zraka***. Katodni zrak pogađa volframsku antikatodu koja zaustavlja elektrone. Rezultat toga je stvaranje X-zraka.



Elektronski (katodni) osciloskop

Katodni osciloskop (CRO) je instrument za proučavanje struje i **potencijalne razlike***. Elektronski snop iz **elektronskog topa** stvara tačku na **fluorescentnom*** ekranu. U normalnoj upotrebi snop se neprestano usmjerava preko pozadine ekrana određenom brzinom i proizvodi vidljivi trag na prednjem dijelu ekrana. Ako se signal napaja u osciloskopu, vertikalni položaj zraka će se mijenjati u skladu s jačinom signala i tada trag na ekranu pokazuje tu promjenu s vremenom.

Komponente osciloskopa

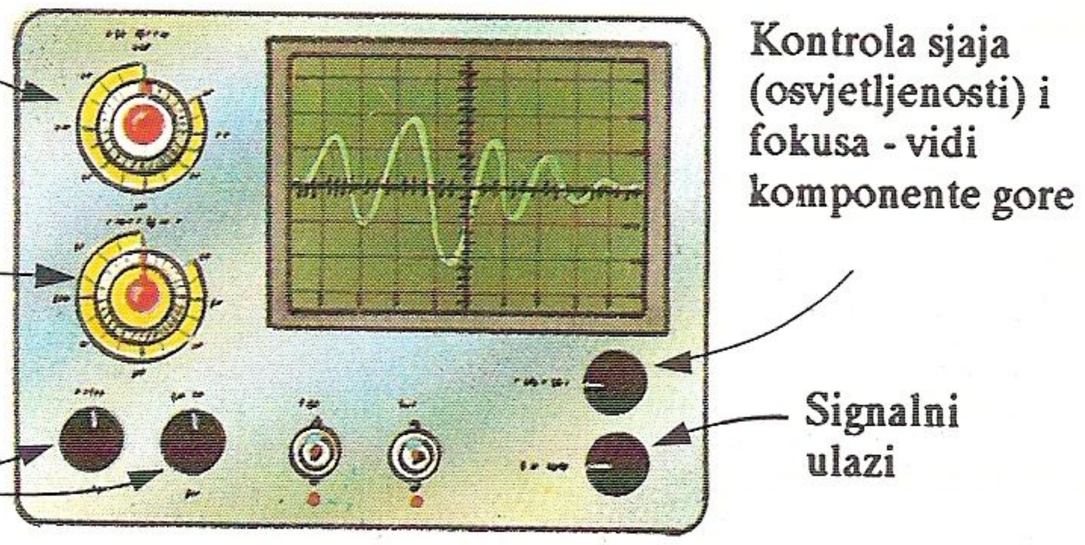


Komanda osciloskopa

Vremenska baza. Ako je uključena, tačka se automatski pokreće preko ekrana odabranom brzinom, vraćajući se na početak nakon jednog prolaska ekrana.

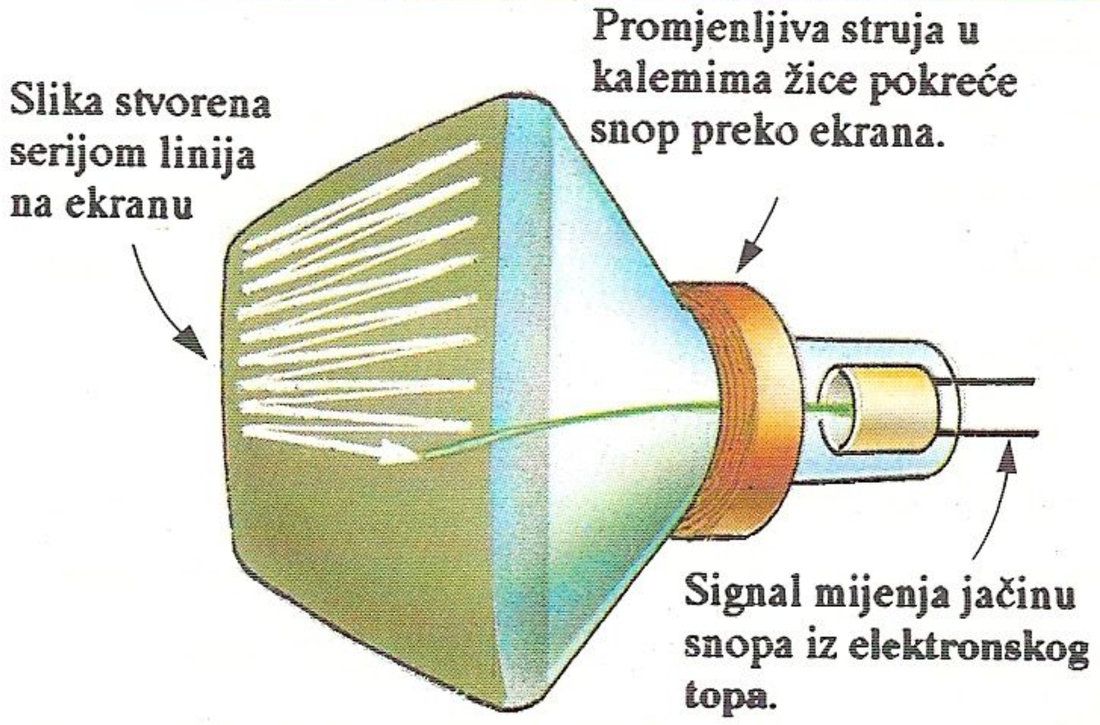
Pojačanje. Kontroliše stepen vertikalnog kretanja tačke stvorenog ulaznim signalom. Postavlja se na vrijednost napona potrebnu da se tačka pomakne za jedan podjeljak na ekranu.

X-pomak i Y-pomak. Koriste se za podešavanje horizontalnog i vertikalnog položaja cijelog traga na ekranu.



Televizija

Televizijske slike se reprodukuju primjenom **elektronske cijevi** u kojoj elektronski snop prelazi preko tačaka ekrana snagom koja varira u skladu sa signalom. Različite količine svjetlosti već prema jačini snopa predaju se različitim dijelovima ekrana i stvaraju sliku.

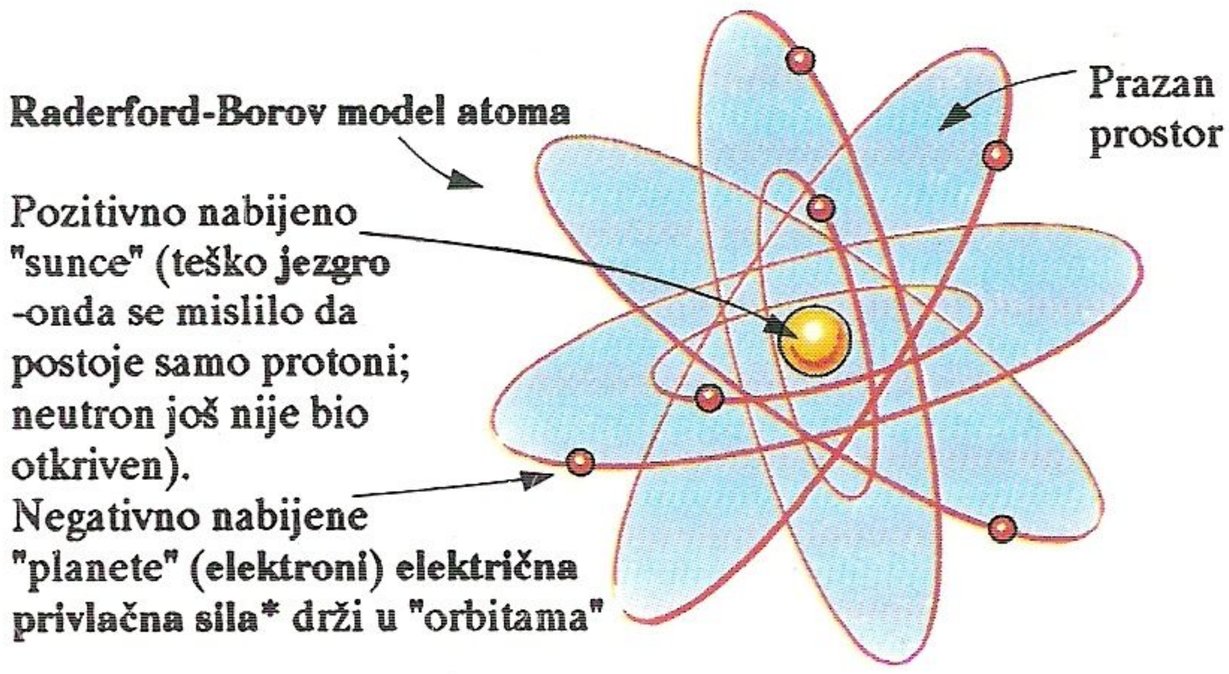


* Anoda, Katoda, 66 (Elektroda) ; Fluorescencija, 45 ; Potencijalna razlika, 58 ; X-zraci, 44.

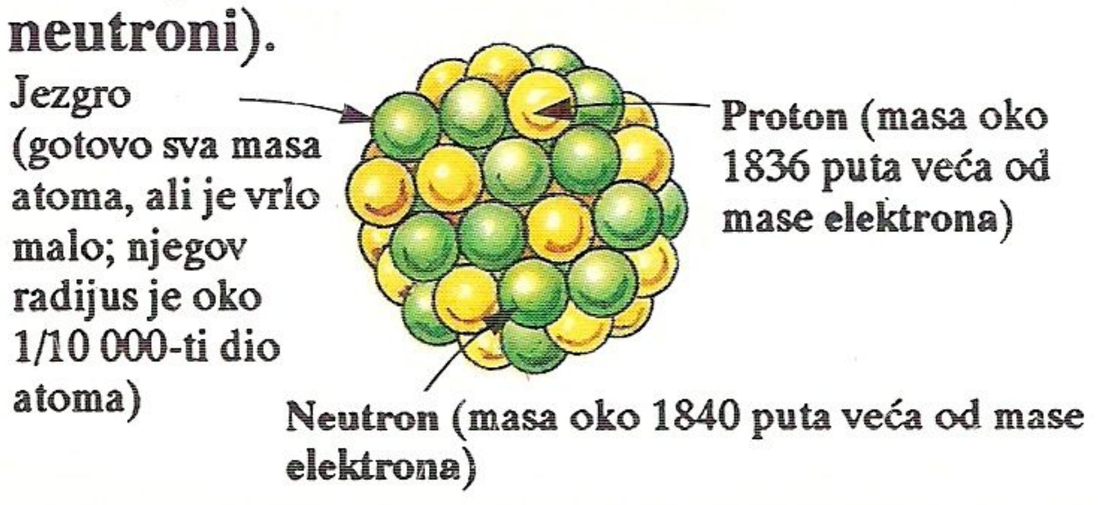
Struktura atoma

Mnogo toga se naučilo o fizičkim osobinama atoma (vidi i str.4) od kada su grčki filozofi prvi put pretpostavili da je materija sačinjena od osnovnih nevidljivih "sastavnih dijelova". Sada se zna da atom nije nedjeljiv, nego da ima složenu strukturu i sastoji se od mnogo različitih manjih djelića (**subatomske čestice**) i mnogo slobodnog prostora.

- **Raderford-Borov atom.** Predstavu atoma kao "solarnog sistema" smislili su Ernest Raderford (E. Rutherford) i Nils Bor (N. Bohr) 1911. godine. Danas se zna da ona nije tačna (elektroni nemaju pravilne "orbite" - vidi **elektronske ljuske**).



- **Jezgro (jezgra) ili atomsko jezgro.** Centralni dio atoma koji se sastoji od gusto pakovanih **nukleona (protoni** i **neutroni**).



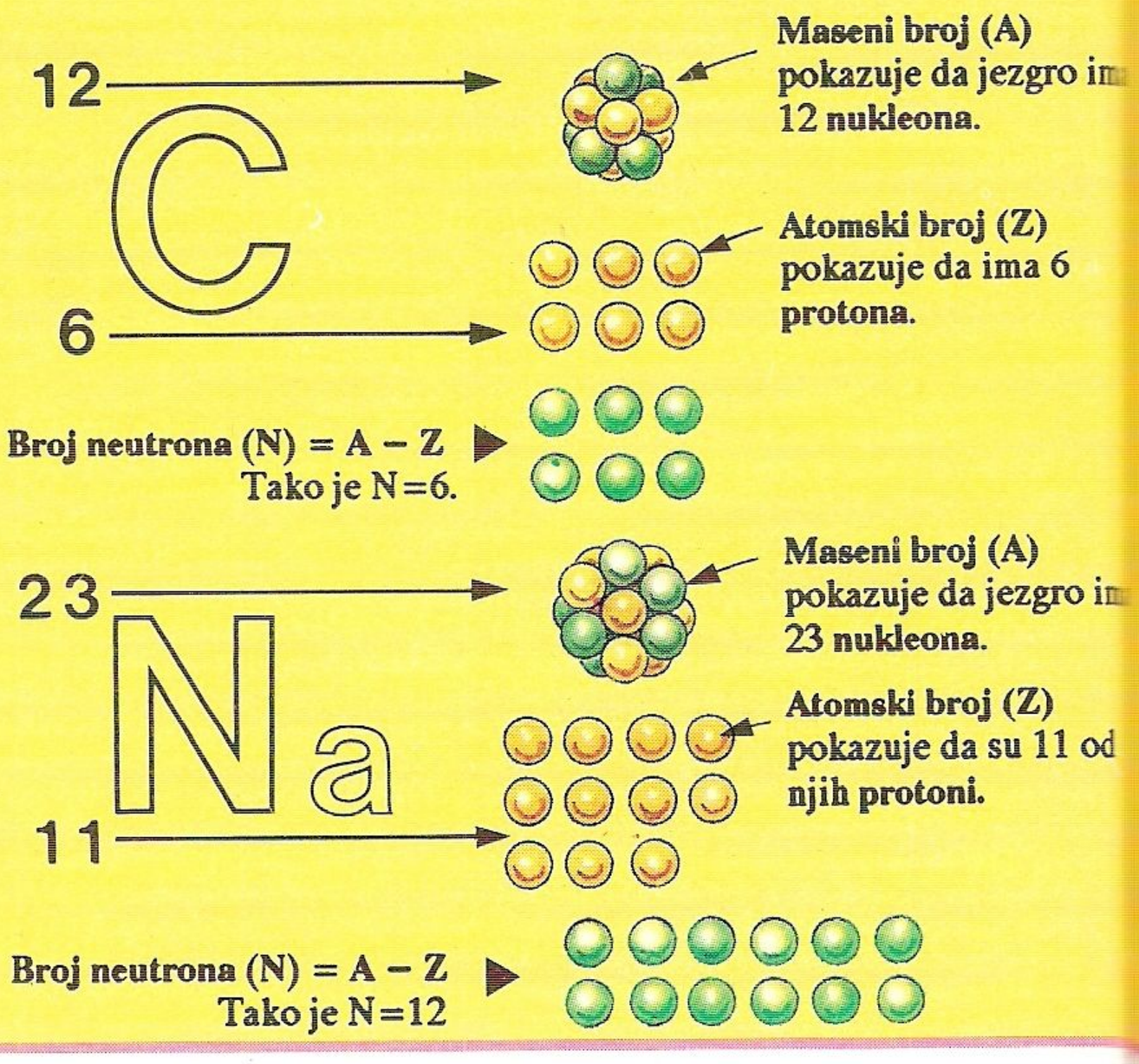
- **Protoni.** Pozitivno nabijene čestice u jezgru. Broj protona (**atomski broj**) je karakterističan za svaki element i jednak je broju elektrona, te su atomi električno neutralni.

- **Neutroni.** Električno neutralne čestice u **jezgru.** Broj neutrona u atomu istog elementa može varirati (vidi: **izotopi**).

- **Maseni broj (A). Broj protona i neutrona (nukleona) u jezgru.** To je cijeli broj najbliži **relativnoj atomskoj masi** atoma, i važan je za određivanje **izotopa.**

- **Atomski broj (Z).** Broj protona u jezgru (kao i broj elektrona oko njega). Svi atomi sa istim atomskim brojem su od istog elementa (vidi : **izotopi**).

- **Broj neutrona (N).** Broj **neutrona** u jezgru. Vidi i grafikon, str.87.

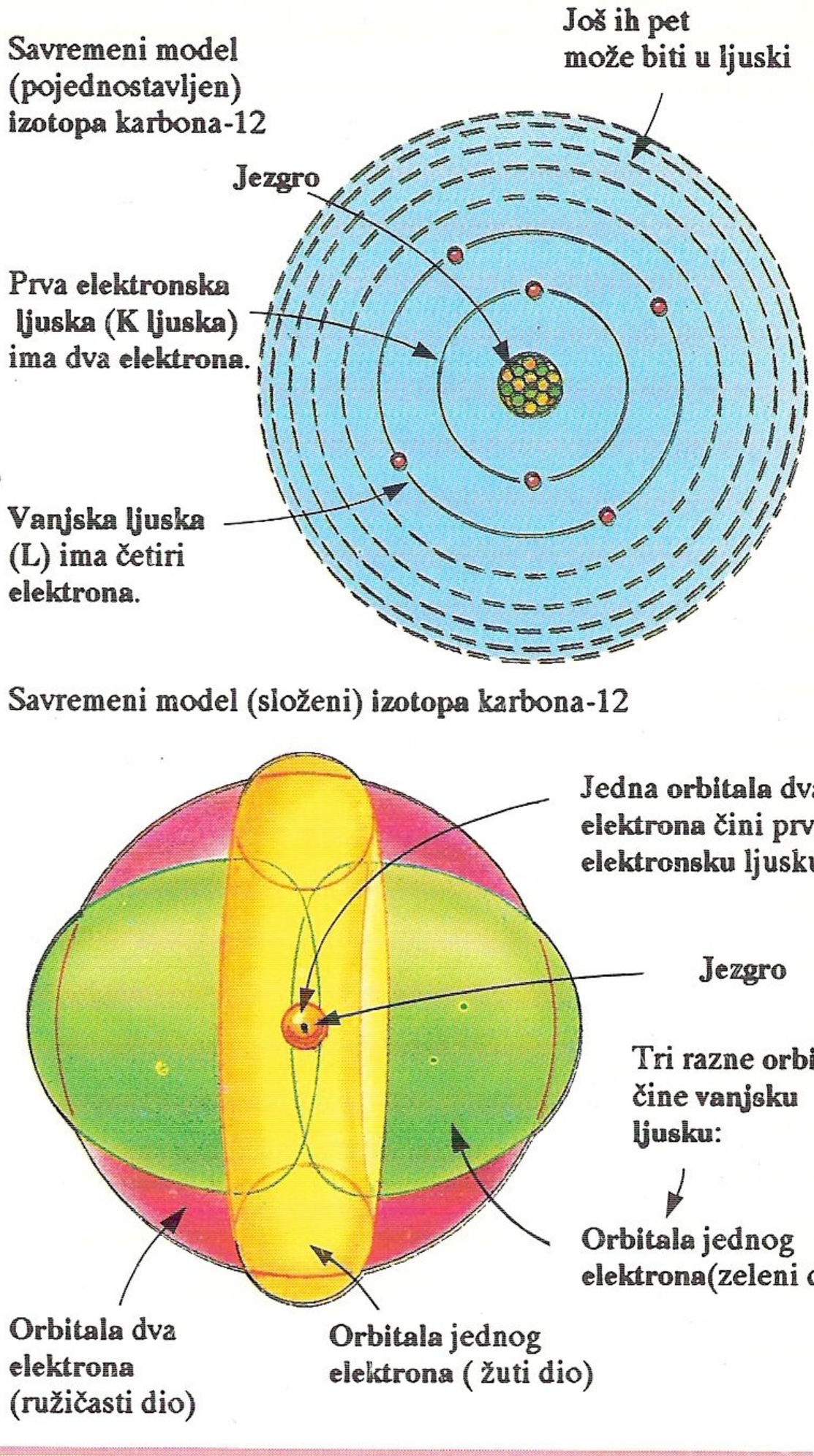


* Električna sila, 6.

- **Elektroni.** Čestice sa negativnim nabojem i veoma malom masom. Kreću se oko **jezgra** u **elektronskim ljuskama** (vidi : **proton**).

- **Elektronske ljuske ili energetski nivoi.** Dijelovi prostora oko **jezgra** koji sadrže **elektrone** u pokretu. Atom može imati sedam ljuski (počev iznutra, to su **K, L, M, N, O, P i Q ljuske**). Svaka može sadržati određen broj elektrona (prve četiri iznutra mogu imati 2, 8, 18, 32 elektrona, respektivno). Što je ljuska dalje od jezgra to je veća energija njenih elektrona (otuda naziv energetski nivo). **Vanjska ljuska** je posljednja ljuska sa elektronima. Ako je puna ili ima **oktet** (osam elektrona), atom je veoma stabilan (vidi str. 84).

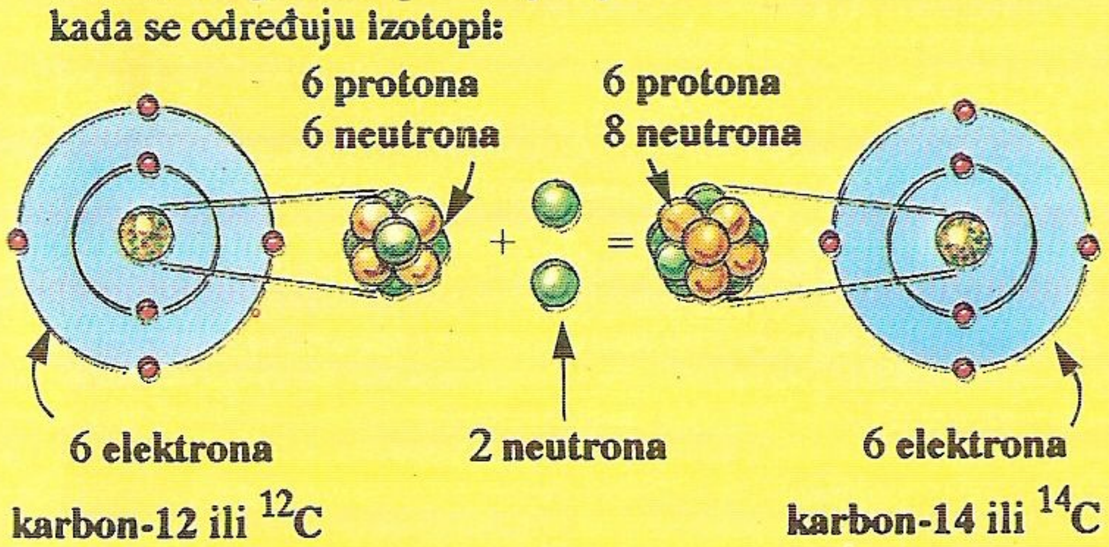
Položaji elektrona u njihovim ljuskama ne mogu se tačno odrediti , ali svaka ljuska se sastoji od **orbitala** ili **oblaka vjerovatnosti**. Svaki od njih je oblast u kojoj se jedan ili dva elektrona vjerovatno mogu naći u bilo koje vrijeme.



Savremeni model (složeni) izotopa karbona-12

- **Izotopi.** Različiti oblici istog elementa, sa istim atomskim brojem, ali različitim brojem **neutrona** pa time i različitim **masenim brojem**. Postoje izotopi svakog elementa, jer čak i ako postoji samo jedan prirodni oblik (tj. element je **monoizotopan**), drugi oblici mogu da se naprave vještački (vidi: **radioizotop**, str.86).

Maseni brojevi se upotrebljavaju sa imenima ili simbolima kada se određuju izotopi:



- **Relativna atomska masa.** Zove se i **atomska masa ili atomska težina.** Masa atoma izražena u **unificiranoj jedinici atomske mase (u)**. Svaka od njih je jednaka 1/12 mase atoma karbona-12 (**izotop**). Relativna atomska masa atoma karbona-12 je 12 u, ali ni jedna druga vrijednost nije cijeli broj, npr. 26,9815 u (aluminijum).

Relativna atomska masa uzima u obzir različite izotope elemenata ako se ovi javljaju u prirodnom uzorku. Prirodni hlor npr. ima tri atoma hlora-35 na svaki atom hlora-37, i relativna atomska masa hlora (35,453 u) je srednja vrijednost dvaju različitih masa ovog izotopa.

Atomska i nuklearna energija

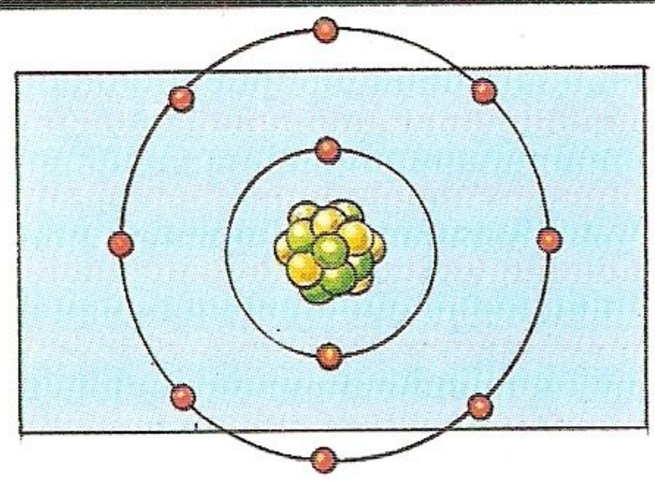
Sve stvari, bilo veliki objekti ili sićušne čestice, imaju određeno **energetsko stanje** ili nivo **potencijalne energije*** ("uskladištene energije"). Osim toga, oni će uvijek pokušati da nađu svoje najniže moguće energetsko stanje, koje se zove **osnovno stanje** i koje je najstabilnije. U većini slučajeva to uključuje neku vrstu ponovnog kombiniranja , tj. dodavanje ili gubljenje sastojaka, a u svim slučajevima to rezultira oslobađanjem "viška" energije - u velikim količinama ako su atomi u pitanju, a u ogromnim ako su to jezgra. Što je veća energija veze atoma ili jezgra to je veća stabilnost, tj. manja je mogućnost da će pretrpjeti ikakvu promjenu.

- **Defekt mase.** Masa nekog atoma ili jezgra je manja od sume masa njegovih dijelova kada su oni odvojeni. Razlika je defekt mase. On je povezan s gubitkom **potencijalne energije*** pri spajanju dijelova (vidi **energija veze** i formule navedene dolje).

Ajnštajn (A. Einstein) je našao vezu između energije i mase. Ova veza je data Ajnštajnovom formulom. Ajnštajnova formula masa-energija:

$$E = mc^2$$

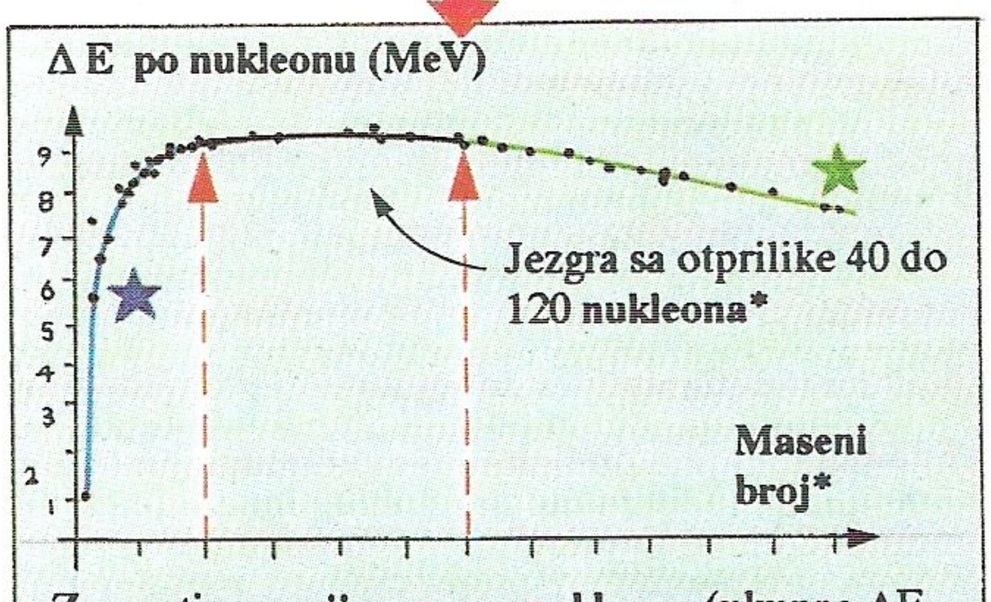
gdje je E=energija u džulima, m=masa u kilogramima, $c=3x10^8$ (brojna vrijednost brzine svjetlosti u ms^{-1}).



Atom sa punim vanjskim ljuskama*

- **Energija veza** (ΔE). Količina energije potrebna da se rascijepi neki atom ili jezgro na njegove sastavne dijelove (vidi str. 82-83). **Potencijalna energija*** atoma ili jezgra je manja nego ukupna potencijalna energija njegovih dijelova kada su odvojeni. Razlog ovome je slijedeći: kada su zajedno, dijelovi se nalaze u nižem (zajedničkom) **energetskom stanju** (vidi uvod i **nuklearna sila**), i tako gube energiju. Energija veze je mjera te razlike u potencijalnoj energiji, i što je ona veća to je manja potencijalna energija atoma ili jezgra i veća je njihova stabilnost. Energija veze varira od atoma do atoma i od jezgra do jezgra.

Najveća stabilnost, najveća energija veze ili energija veze po nukleonu (vidi dolje)



Zapamti: energija veze po nukleonu (ukupna ΔE podijeljena s brojem nukleona) je bolji način predstavljanja nuklearne stabilnosti - ukupna ΔE nekog jezgra može biti veća od ΔE nekog drugog, ali ΔE po nukleonu može biti manja-vidi desno.

- **Nuklearna sila.** Jaka privlačna sila koja drži na okupu dijelove jezgra (**nukleone***) i savladava **električnu silu*** odbijanja između **protona***. Njen efekat varira u skladu s veličinom jezgra (vidi grafikon), pošto sila djeluje samo između neposredno susjednih nukleona. Što je veći privlačni efekat nuklearne sile to je veća **energija veze** jezgra (tj. više energije je izgubljeno kada su se dijelovi spojili).

*** Električna sila, 6 ; Maseni broj, 82 ; Nukleoni, 82 (Jezgro) ; Vanjska ljuska, 83 ; Elektronska ljuska, Potencijalna energija, 8 ; Protoni, 82.**

- **Kvantna teorija** tvrdi da energija poprima oblik malih odvojenih "porcija" nazvanih **kvanti** (**jedan kvant**), a ne oblik kontinuiranog toka. Teorija je prvo bila ograničena na energiju koju emituju tijela (tj. energiju **elektromagnetnih talasa***), mada su sada općenito uključeni svi drugi vidovi energije (vidi str. 8-9). Elektromagnetni kvanti se sada definišu kao **fotoni**. Teorija dalje tvrdi da je količina energije koju nosi foton proporcionalna **frekvenciji*** emitovanog elektromagnetnog zračenja (vidi str. 44-45).

Energija jednog kvanta (fotona):

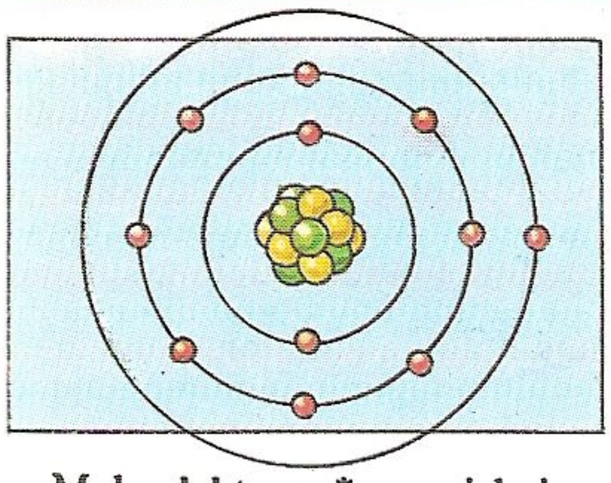
E = hf,
gdje je E=energija u džulima,
h=Plankova konstanta ($6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js),
f=frekvencija* u hercima.

Elektronvolt (eV). Jedinica energije jednaka kinetičkoj energiji* koju dobije jedan elektron kada se kreće kroz potencijalnu razliku* od 1V.

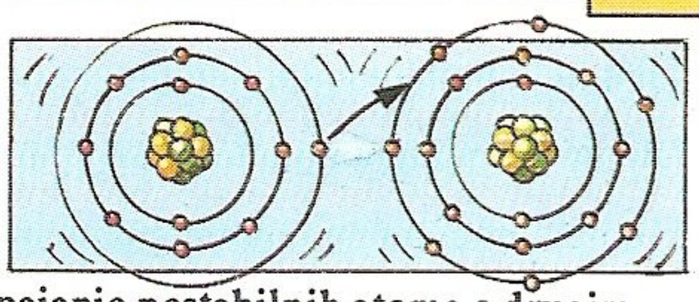
$1eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J

Megaelektronvolt (MeV). Jedinica nuklearne energije jednaka 1 milionu eV.

$1MeV = 1.6 \times 10^{-13}$ J



Malo **elektrona*** u vanjskoj ljusci ili gotovo puna vanjska ljuska, tj. samo jedan ili dva elektrona nedostaju.

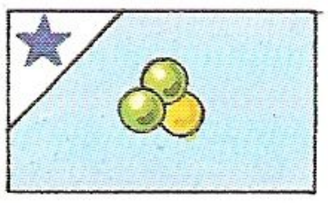


Spajanje nestabilnih atoma s drugim nestabilnim atomima izaziva njihovu reakciju-prenose se njihovi elektroni, tj. dolazi do novih kombinacija.

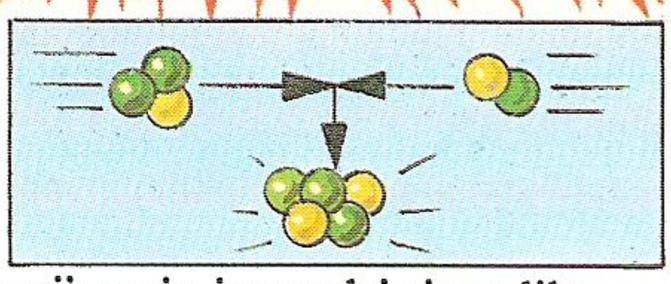
Promjena energetskog stanja atoma ili jezgra je atomski ili nuklearni prelaz. Promjena hemijskih osobina (tj. drugi element) je transformacija ili transmutacija.

Rezultat je oslobađanje energije ("viška" energije). Čestice su stabilnije - zbir energija veze ili energija veze po nukleonu je veći nego prije. Energija se oslobađa u vidu toplote i kinetičke energije* čestica.

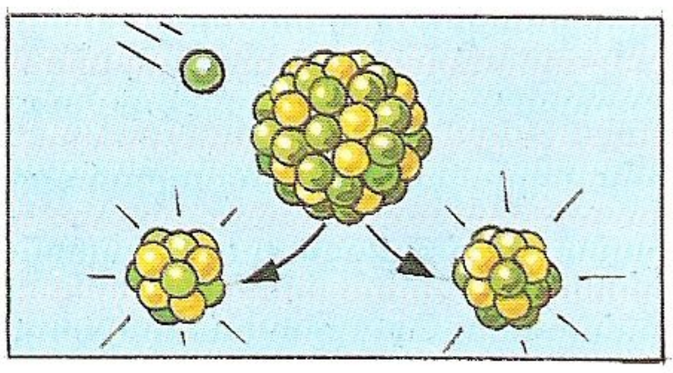
Manje stabilno, mala energija veze ili energija veze po nukleonu.



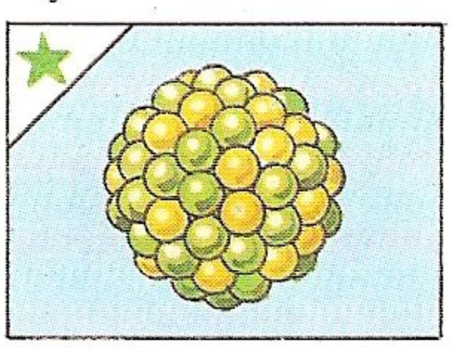
Malo **nukleona*** i zato relativno velika površina. Samo na nekoliko nukleona (zavisno od ukupnog broja) djeluje "privlačna" **nuklearna sila** susjeda sa svih strana, tako da je ukupni efekat nuklearne sile manji.



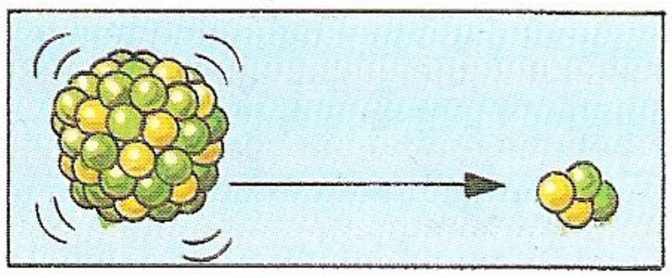
Zagrijavanje jezgra daje im veliku **kinetičku energiju*** i znači da će se dva jezgra spojiti kada se sudare (vidi **fuzija** str.93).



Bombardovanjem jezgra vrlo brzom česticom dolazi do njegovog cijepanja (vidi **fisija**, str.92).

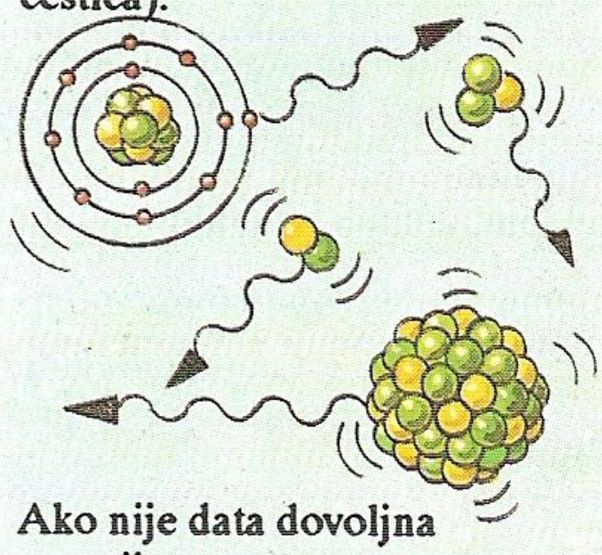


Veoma veliki broj nukleona. Znači više **protona*-električna sila*** odbijanja ima više efekta, ukupni efekat nuklearne sile je manji.



Neka teška jezgra spontano oslobađaju čestice (vidi **radioaktivnost**, str.86).

Kao što je prikazano, pronalaženje veće energije veze (stanje niže energije) može se postići s malo "pomoći", npr. spajanjem nestabilnih atoma ili u slučaju spontane radioaktivnosti. U drugim slučajevima možda je potrebno dodavanje energije (zagrijavanje atoma, jezgra ili čestica).



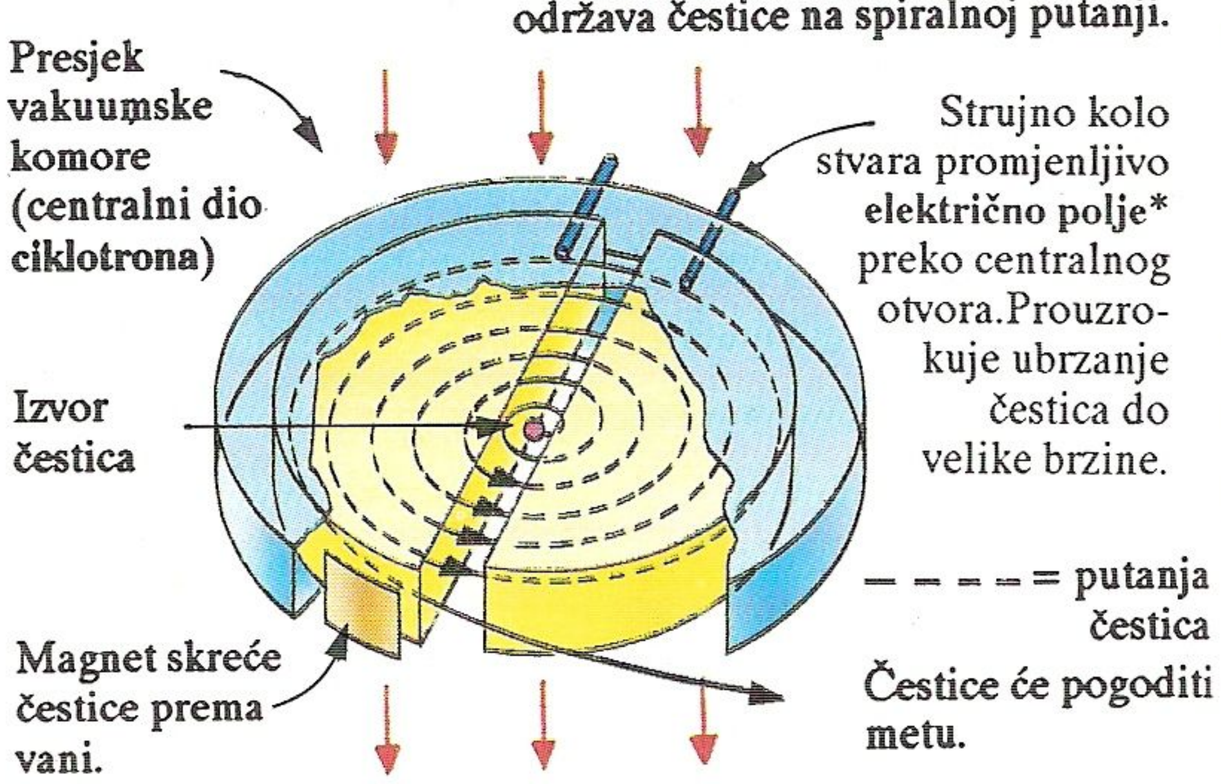
Ako nije data dovoljna energija, ona se ponovo oslobađa u vidu **fotona** (vidi **kvantna teorija**). U atomima elektroni "padaju" natrag i vrsta (**frekvencija***) emitovanih fotona zavisi od ljuski između kojih se elektroni kreću. Emitovani su **X-zraci*** (najviša frekvencija) ako su u pitanju unutarnje ljuske, **UV zračenje*** ako su ljuske udaljenije itd. (vidi **spektar**, str.44). Kod jezgra se uvijek radi o **γ-zracima***.

* **Električna sila**, 6 ; **Elektromagnet ni talasi**, 44 ; **Elektroni**, 83 ; **Frekvencija**, 16,35 ; **Kinetička energija**, 9 ; **Nukleoni**, 82 (**Jezgro**) ; **Potencijalna razlika**, 58 ; **Protoni**, 82 ; **Ultravioletno zračenje** (UV), **X-zraci**, 44 ; **Gama (γ) zraci**, 44, 86.

Radioaktivnost

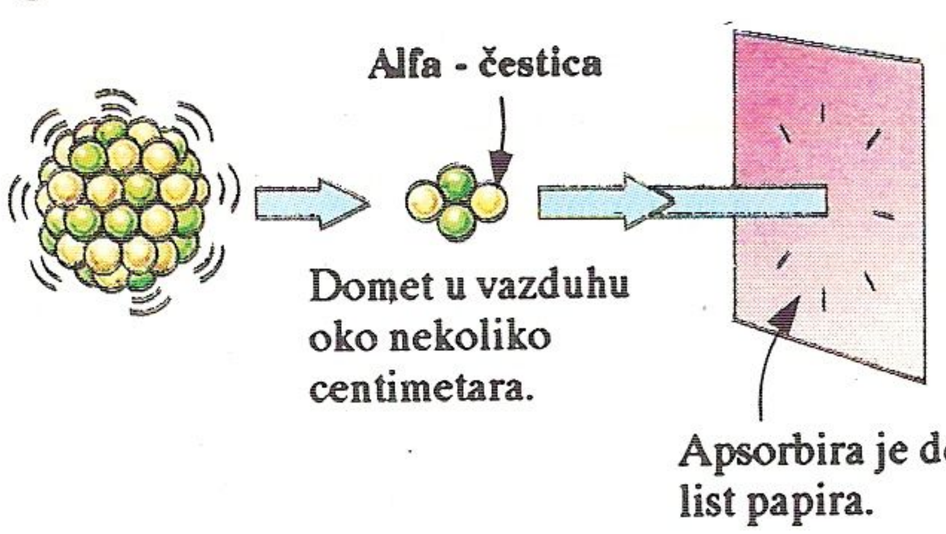
Radioaktivnost je osobina nekih nestabilnih **jezgara** (vidi str.82 i 84) da se spontano cijepaju u jezgra drugih elemenata i emituju **zračenje***. Proces je poznat pod imenom **radioaktivni raspad.**

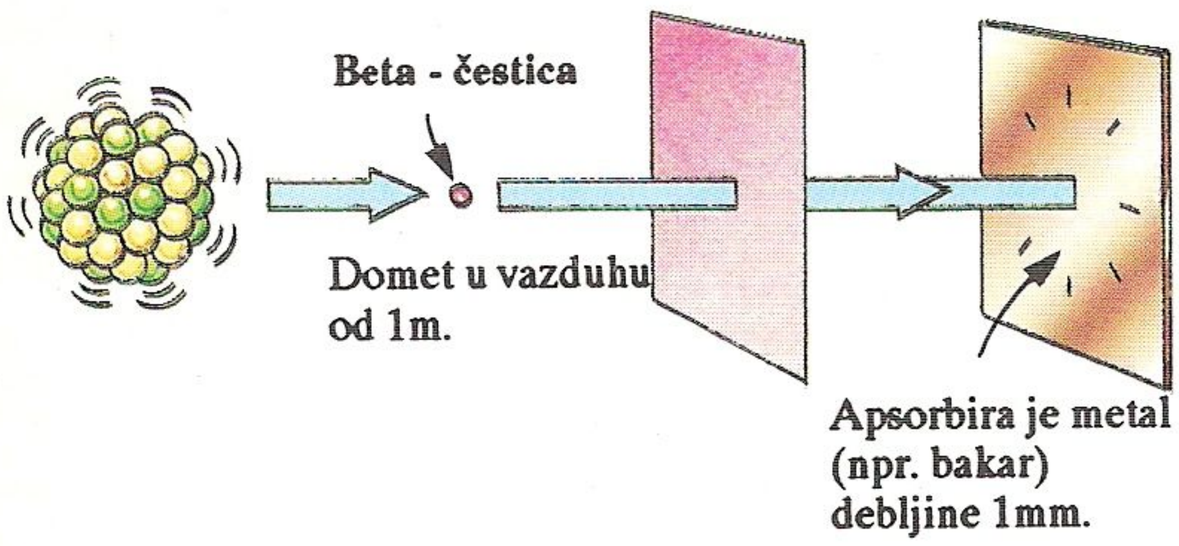
Postoje tri tipa zračenja koje emituju radioaktivni elementi - struja **alfa-čestica** (zvane **alfa-zraci**), struja **beta-čestica (beta-zraci)** i **gama-zraci.** Više o detekciji i upotrebi zračenja, vidi na str. 89-91.



● **Radioizotopi ili radioaktivni izotopi.** Bilo koja radioaktivna supstanca (sve supstance su, u stvari, **izotopi**, vidi str. 83). Postoji nekoliko prirodnih radioizotopa od kojih većina još postoji jer imaju veoma dugo vrijeme poluraspada (npr. uran-238). Jedan od njih, karbon-14, stalno proizvode **kosmički zraci** (vidi **pozadinsko zračenje**, str.88). Drugi radioizotopi nastaju **nuklearnom fisijom***. Još se više proizvode u istraživačkim centrima, gdje se jezgra bombarduju veoma brzim česticama (od **protona*** do jezgra urana). One se ubrzavaju u **akceleratorima čestica** raznih tipova, npr. u **ciklotronima.**

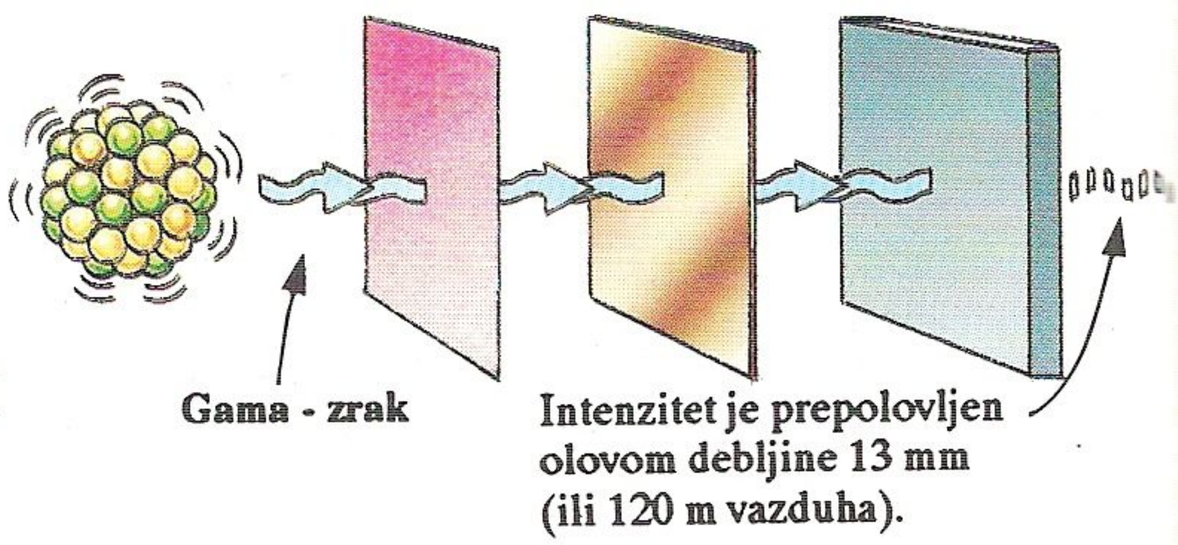
● **Alfa - čestice** (α **-čestice**). Pozitivno nabijene čestice izbačene iz nekih radioaktivnih jezgara (vidi **alfa-raspad**). One su relativno teške (dva **protona*** i dva **neutrona***), kreću se relativno sporo i imaju malu prodornost.





● **Beta čestice** (β **- čestice**). Čestice izbačene iz nekog radioaktivnog jezgra brzinom bliskom brzini svjetlosti. Postoje dva tipa - **elektroni*** i **pozitroni**, koji imaju istu masu kao elektroni ali pozitivni naboj. Vidi **beta - raspad.**

● **Gama zraci** (γ **- zraci**). Nevidljivi **elektromagnetni talasi** (vidi i str.44). Imaju najveću prodornost i obično se, mada ne uvijek, emituju iz radioaktivnog jezgra poslije **alfa** ili **beta- čestica.**



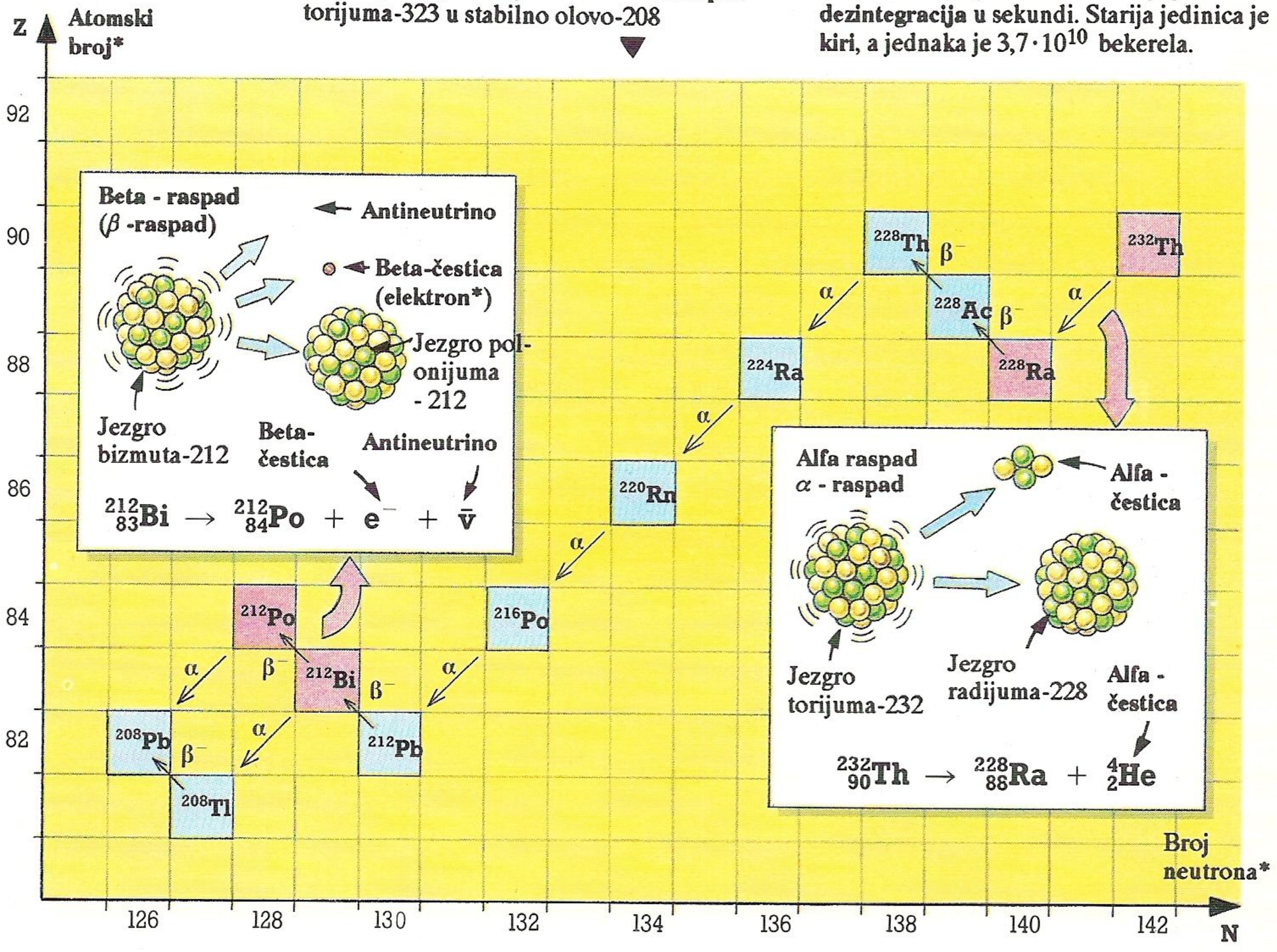
* **Električno polje**, 58 ; **Elektroni**, 83 ; **Magnetno polje**, 72 ;**Neutroni**, 82 ; **Nuklearna fisija**, 92 ; **Protoni**, 82 ; **Zračenje**, 9.

● **Radioaktivni raspad.** Spontano cijepanje radioaktivnog jezgra. Jezgro izbacuje svoje djeliće u vidu **alfa ili beta - čestica,** što je praćeno **gama - zracima.** Kada jezgro izbacuje takvu česticu, tj. kada podliježe nuklearnoj **dezintegraciji,** oslobađa se energija (vidi str.84) i stvara se novo jezgro (i atom). Ako je i on radioaktivan, proces raspada se nastavlja dok se ne stigne do stabilnog (neradioaktivnog) atoma. Takav niz dezintegracija se zove **niz raspada ili lanac raspada, radioaktivna serija ili serija transformacija.**

● **Vrijeme poluraspada (T 1/2).** Vrijeme koje je potrebno da polovina atoma u nekom uzorku pretrpi **radioaktivni raspad.** To je sve što se može tačno predvidjeti -nemoguće je predvidjeti raspad bilo kog pojedinačnog atoma, jer se oni raspadaju pojedinačno i nasumice. Nikakve dvije supstance nemaju isto vrijeme poluraspada, a raspon je ogroman, npr. stroncij-90 devet minuta, uran-238 $4{,}5 \cdot 10^9$ godina.

Brzina radioaktivnog raspada se mjeri bekerelima (Bq). Jedan bekerel je jedna dezintegracija u sekundi. Starija jedinica je kiri, a jednaka je $3{,}7 \cdot 10^{10}$ bekerela.

Niz raspada prikazuje radioaktivni raspad torijuma-323 u stabilno olovo-208

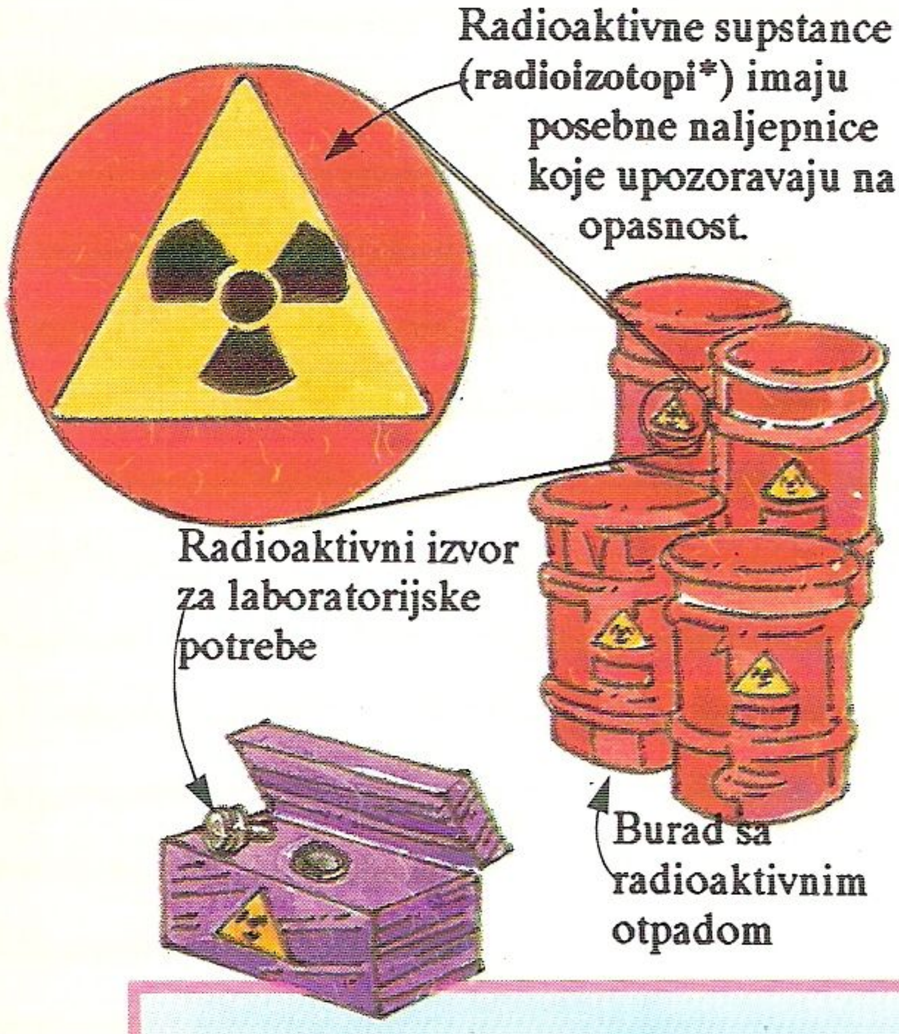


● **Alfa - raspad** (α **- raspad**). Gubitak alfa - čestice iz radioaktivnog jezgra. To smanjuje **atomski broj** za dva i **maseni broj*** za četiri, te se stvara novo jezgro.

● **Beta - raspad** (β **- raspad**). Beta - raspad je gubitak bilo koje vrste **beta - čestice** iz radioaktivnog jezgra. Izbacuje se elektron (β^- ili e^-) (sa još jednom česticom koja se zove **antineutrino**) kada se **neutron*** raspada u **proton***. Pozitron (β^+ ili e^+) se izbacuje (sa još jednom česticom koja se zove **neutrino**) kada se proton raspada u neutron. Tako beta - raspad povećava ili smanjuje **atomski broj*** za jedan (**maseni broj*** ostaje isti).

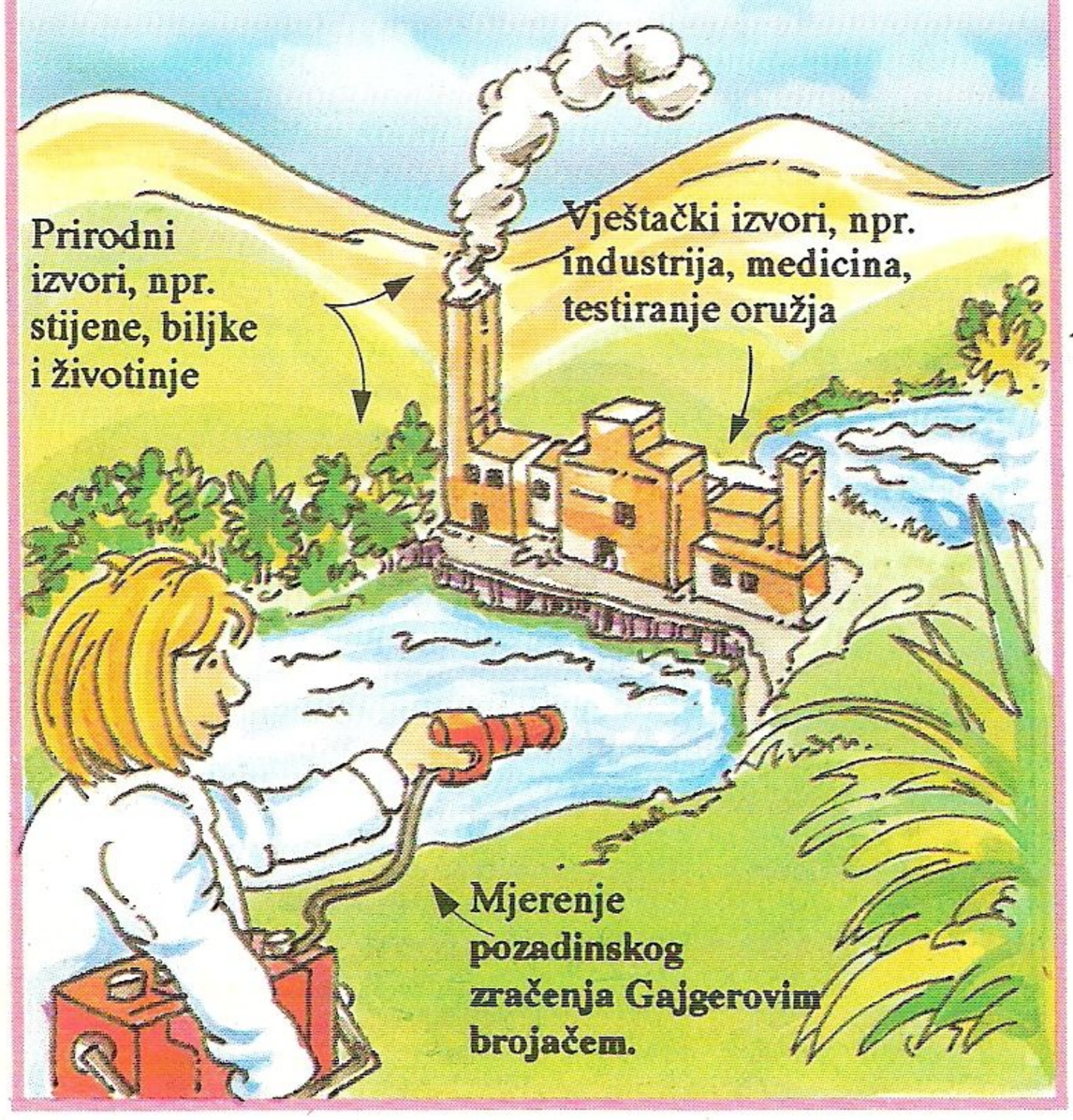
*** Atomski broj, 82 ; Elektroni, 83 ; Maseni broj, Broj neutrona, Neutroni, Protoni, 82.**

Detekcija i mjerenje radioaktivnosti

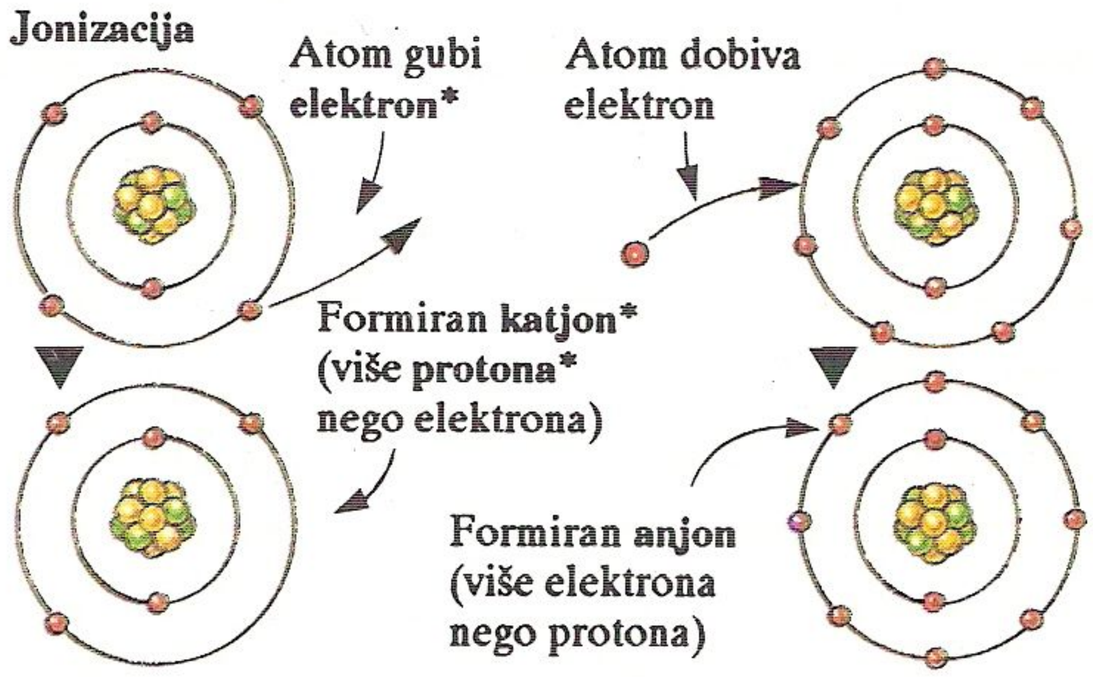


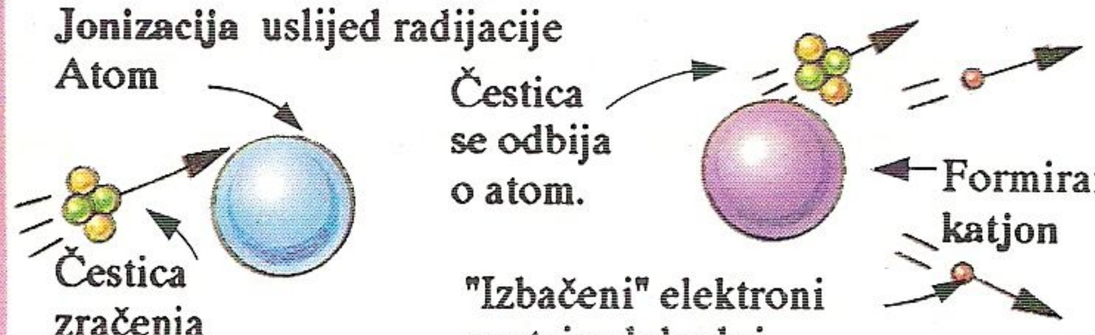
Postoji izvjestan broj uređaja koji otkrivaju i mjere zračenje koje emituju radioaktivne supstance (**radioizotopi***). Neki su uglavnom u laboratoriju (za proučavanje vještački proizvedenih radioizotopa); drugi imaju širu primjenu (npr. kontrolni sigurnosni uređaji) i mogu se koristiti za otkrivanje **pozadinskog zračenja**. Većina ovih uređaja otkriva i mjeri zračenja kontrolišući **jonizaciju** koju ono izaziva - vidi **Gajgerov** (Geiger)**brojač** i **impulsni elektroskop** desno i **maglenu** i **mjehurastu komoru**, str.90.

- **Pozadinsko zračenje.** Zračenje prisutno na zemlji (u relativno malim količinama) koje potiče i od prirodnih i od vještačkih izvora. Značajan prirodni izvor je karbon-14, koji uzimaju biljke i životinje. On se konstantno stvara iz stabilnog nitrogena-14 uslijed bombardovanja **kosmičkim zracima** (**kosmičko zračenje**) koje ulazi u atmosferu iz svemira. To su struje čestica ogromne energije. **Pozadinski broj** je mjera zračenja u prirodi.



- **Jonizacija.** Stvaranje **jona** (električno nabijenih čestica) koje se javlja kada atomi (električno neutralni) gube ili dobivaju **elektrone*** stvarajući katjone (pozitivne jone) ili anjone (negativne jone), respektivno. U slučaju zračenja,



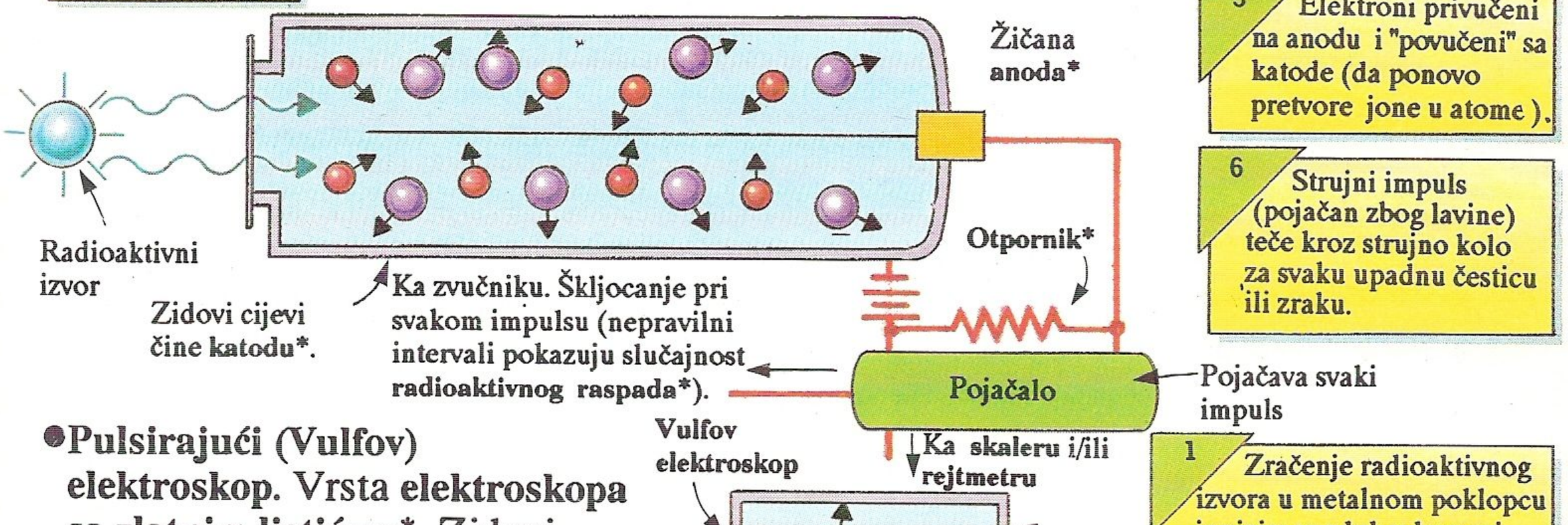


alfa i beta-čestice jonizuju atome supstance kroz koju prolaze, obično stvarajući katjone. To se događa jer je njihova energija tako velika da oni "izbacuju" jedan ili više elektrona iz atoma. **Gama-zraci*** takođe mogu jonizovati atome.

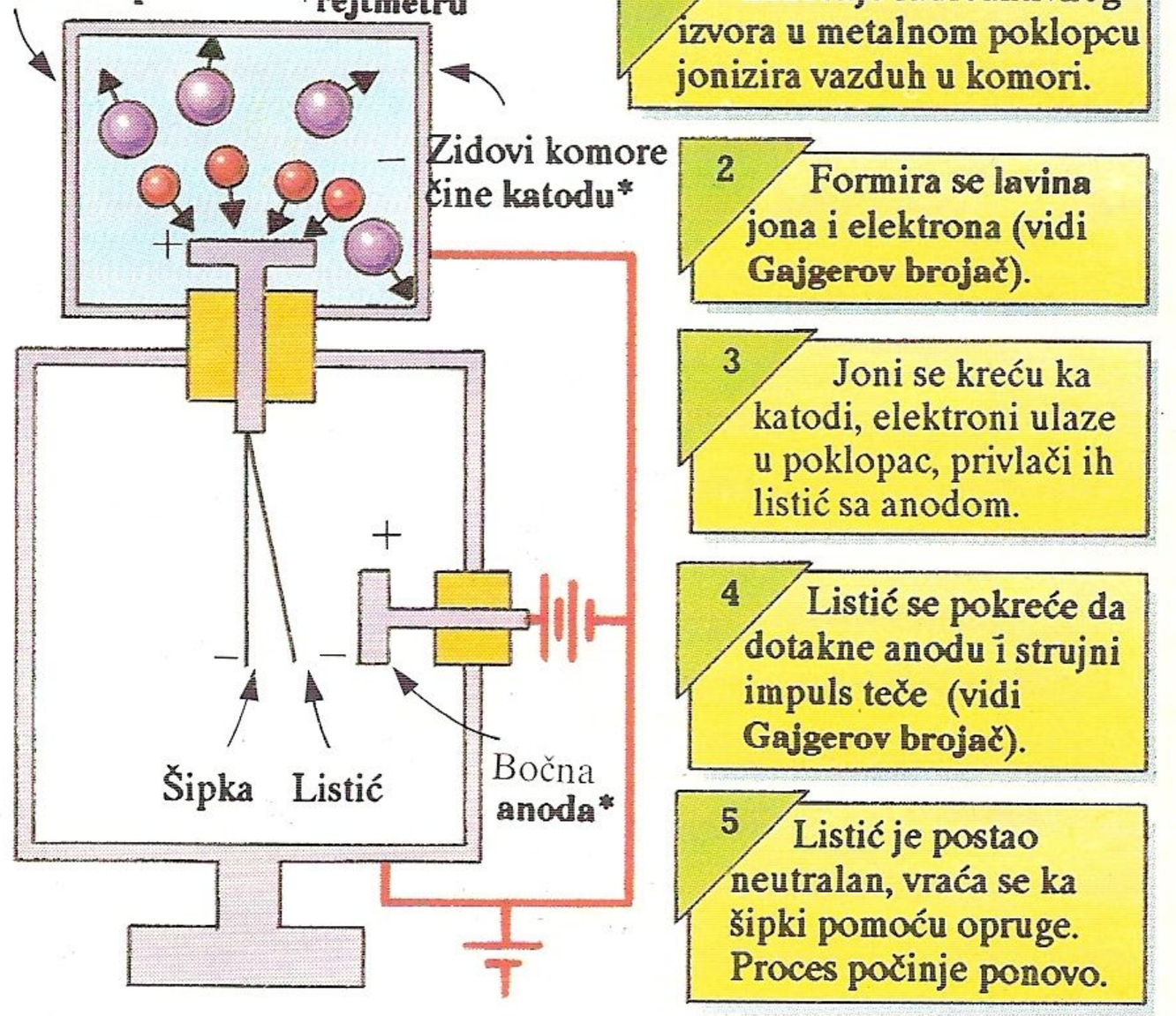
* **Alfa - čestice, Beta - čestice, 86 ; Elektroni, 83 ; Gama - zraci, 86 ; Protoni, 82 ;Radioizotopi, 86.**

Uređaji za detekciju

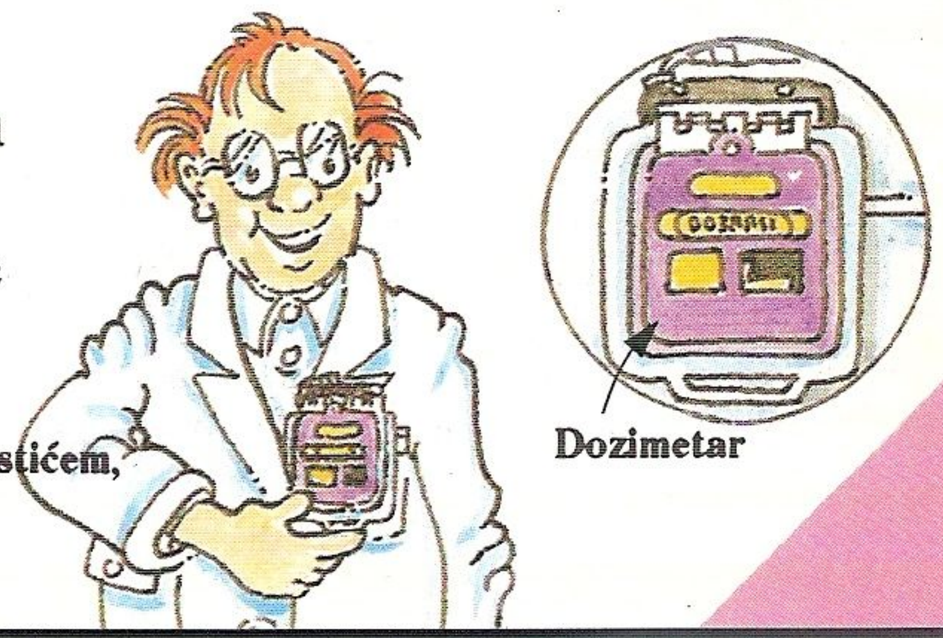
● **Gajgerov brojač.** Aparat koji se sastoji od **Gajger-Milerove** (Geiger, Müller) **cijevi, skalera i/ili mjerača učestalosti otkucaja** (**rejtmetar**) i često i od zvučnika. Cijev je cilindar ispunjen gasom sa dvije **elektrode*** - njegovi zidovi imaju funkciju **katode***, a žica kroz centar-**anode***. Aparat pokazuje prisustvo zračenja registrovanjem strujnih impulsa među elektrodama. Ovi impulsi su rezultat **jonizacije** koju zračenje prouzrokuje u gasu (obično argon pod niskim pritiskom sa malo broma). Skaler je elektronski brojač koji broji impulse. Rejtmetar mjeri učestalost odbrojavanja - prosječan broj impulsa izbrojanih u sekundi.



● **Pulsirajući (Vulfov) elektroskop. Vrsta elektroskopa sa zlatnim listićem***. Zidovi vazdušne komore oko poklopca čine **katodu***, a bočna **anoda*** je smještena blizu listića. Ona privlači **elektrone*** iz poklopca, ostavljajući listić pozitivno nabijenim (listić se odmiče od šipke, jer su oboje pozitivno nabijeni, ali ne dovoljno da dotakne anodu prije nego je uveden radioaktivni izvor). Listić dokazuje prisustvo zračenja pomičući se naprijed i nazad pri svakoj **jonizaciji*** izazvanoj zračenjem.



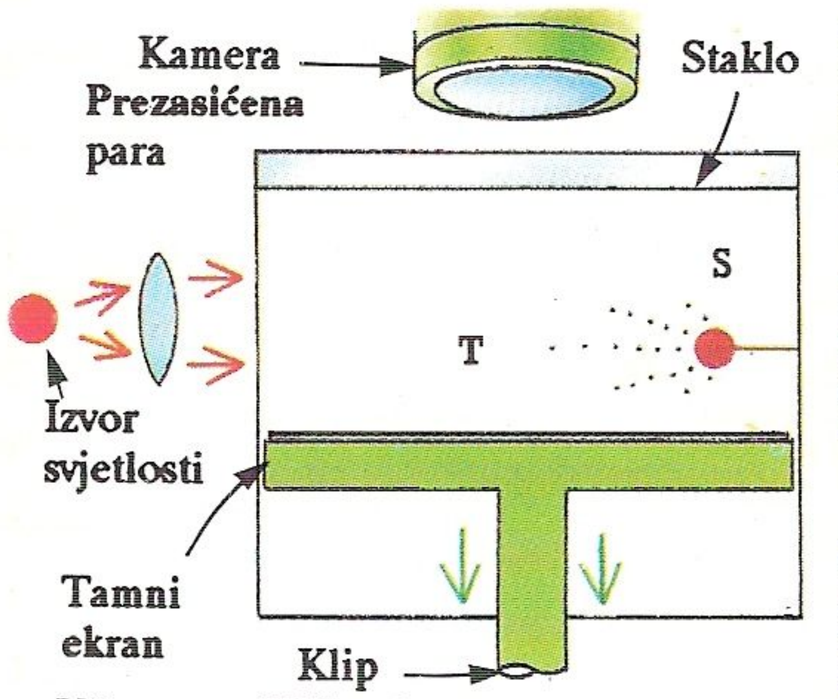
● **Dozimetar.** Sprava koju imaju svi koji rade s radioaktivnim materijalima. Sadrži fotografski film (koji potamni od zračenja). On se redovno razvija i stepen zacrnjenja pokazuje **dozu** zračenja kojoj je izložen onaj ko ga nosi.



*** Anoda, Katoda, Elektroda, 66 ; Elektroni, 83 ;Elektroskop sa zlatnim listićem, 56 (Elektroskop) ; Radioaktivni raspad, 87 ; Otpornik, 62.**

Uređaji za detekciju (nastavak)

● **Maglena komora.** Uređaj u kome putanje **alfa i beta - čestica** pokazuju vidljiv trag. Ovo se događa kada para u komori (para alkohola ili vode) bude pretvorena u **prezasićenu** paru hlađenjem (na jedan od dva razna načina, vidi dolje). To je para na temperaturi ispod njene temperature kondenzacije, međutim, ne kondenzuje se, jer nema prašine ili drugih čestica da se oko njih formiraju kapljice.

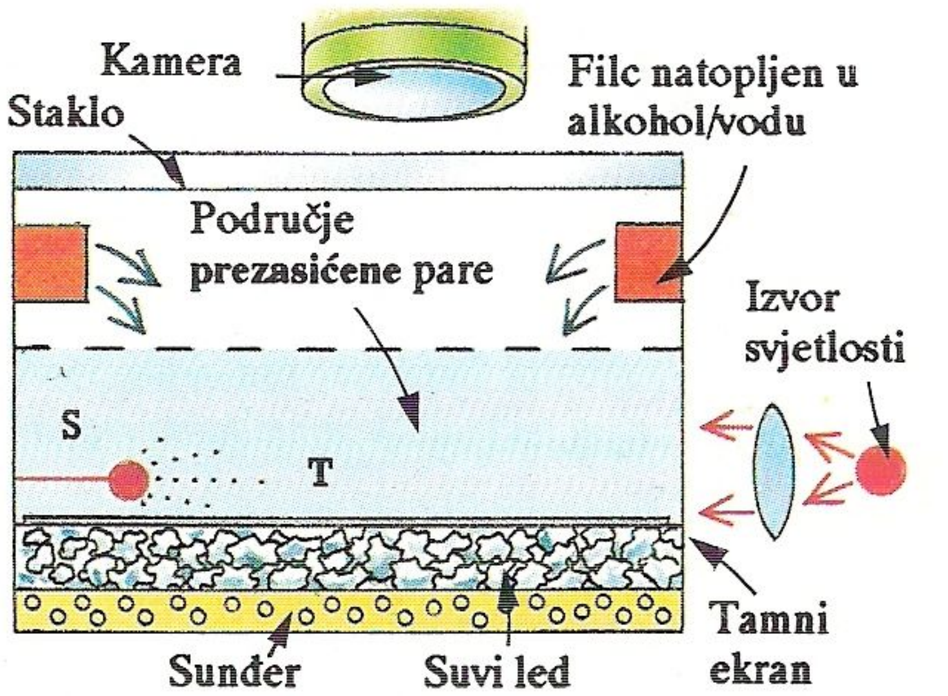


Vilsonova (Wilson) maglena komora. Para se hladi iznenadnim porastom zapremine (povlačenjem klipa).

1 Zračenje iz izvora (S) izaziva jonizaciju* pare.

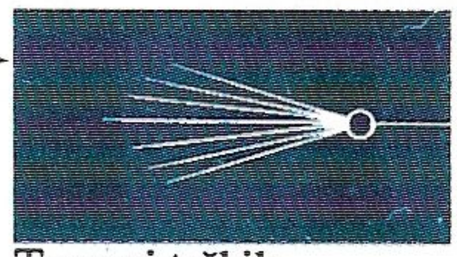
2 Joni imaju ulogu čestica prašine, tj. para se kondenzuje na njima.

3 Tragovi kapljica tečnosti (T) na mjestima gdje se para kondenzuje (mogu se snimiti).

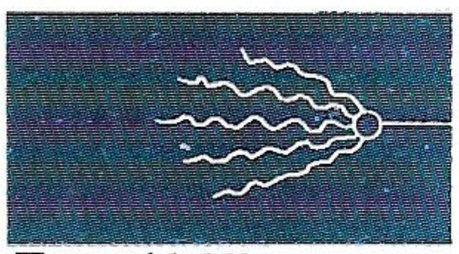


Difuziona maglena komora. Para se hladi podlogom od suhog leda (čvrsti karbon- dioksid). Para difunduje* prema dolje.

Tragovi u maglenoj komori (nastali u nepravilnim razmacima pokazuju da je radioaktivni raspad* slučajna pojava).



Tragovi teških α - čestica* su kratki, pravi i široki.

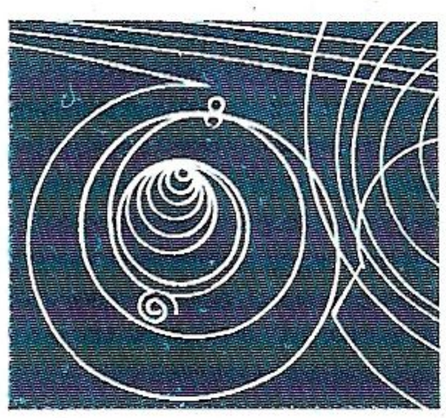


Tragovi lakih β - čestica* su dugi, nepravilni i uski.

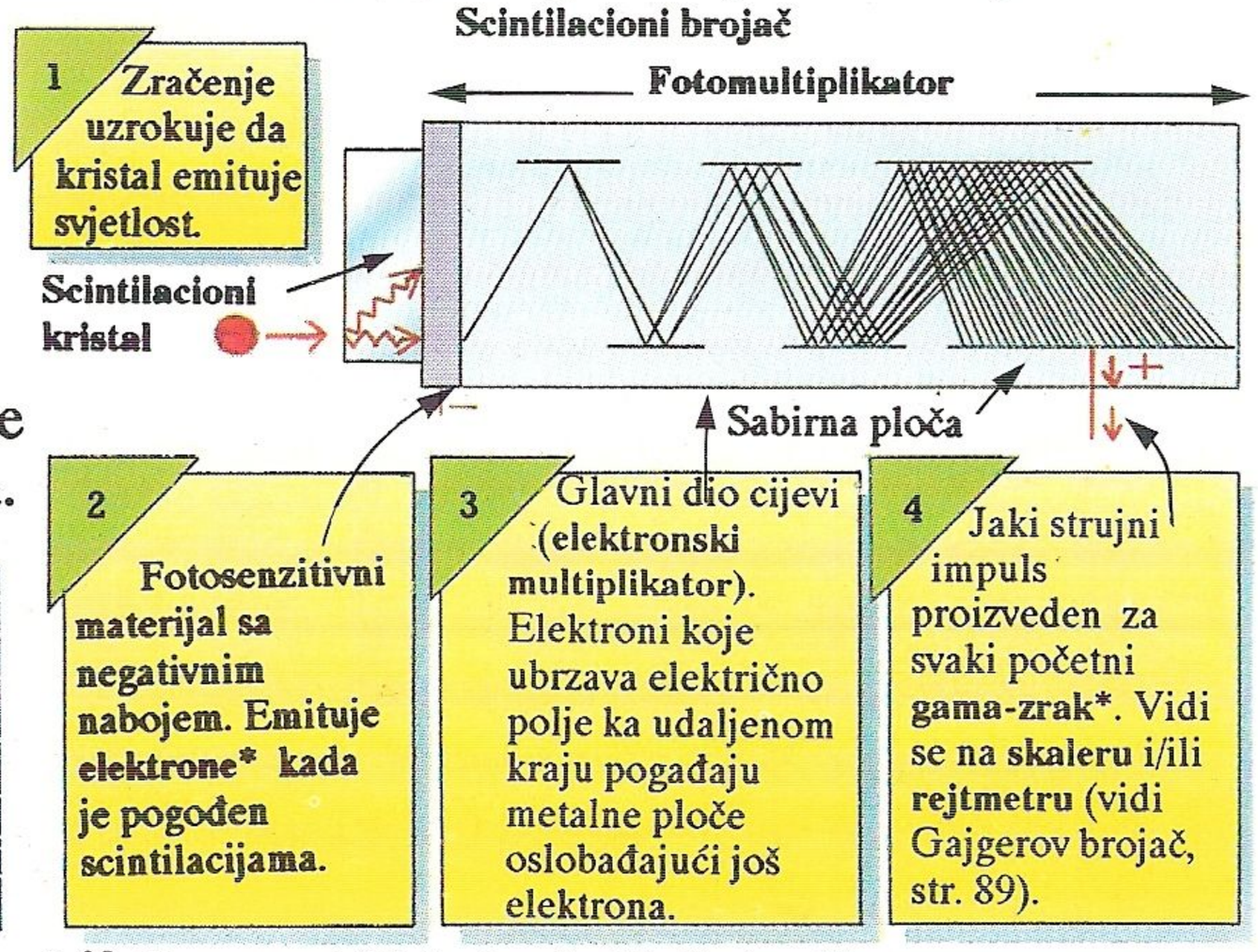
Gama - zraci* ne stvaraju sami tragove, ali mogu izbaciti **elektrone** * iz pojedinih atoma. Onda oni mogu da se brzo udalje i stvore tragove slične tragovima β-čestica .

● **Mjehurasta komora.** Uređaj koji kao i maglena komora pokazuje putanje čestica. Sadrži **pregrijanu** tečnost (obično hidrogen ili helijum) - tečnost je zagrijana do temperature iznad njene tačke ključanja, ali ne ključa, jer je pod pritiskom. Nakon što se pritisak iznenada smanji, nuklearne čestice koje ulaze u komoru izazivaju **jonizaciju*** atoma tečnosti. Gdje god se to desi, oslobođena energija izaziva ključanje tečnosti i time stvaranje mjehurića.

Tragovi u mjehurastoj komori. Obično su zakrivljeni, jer je uspostavljeno magnetno polje da skrene čestice (vodi boljoj identifikaciji).



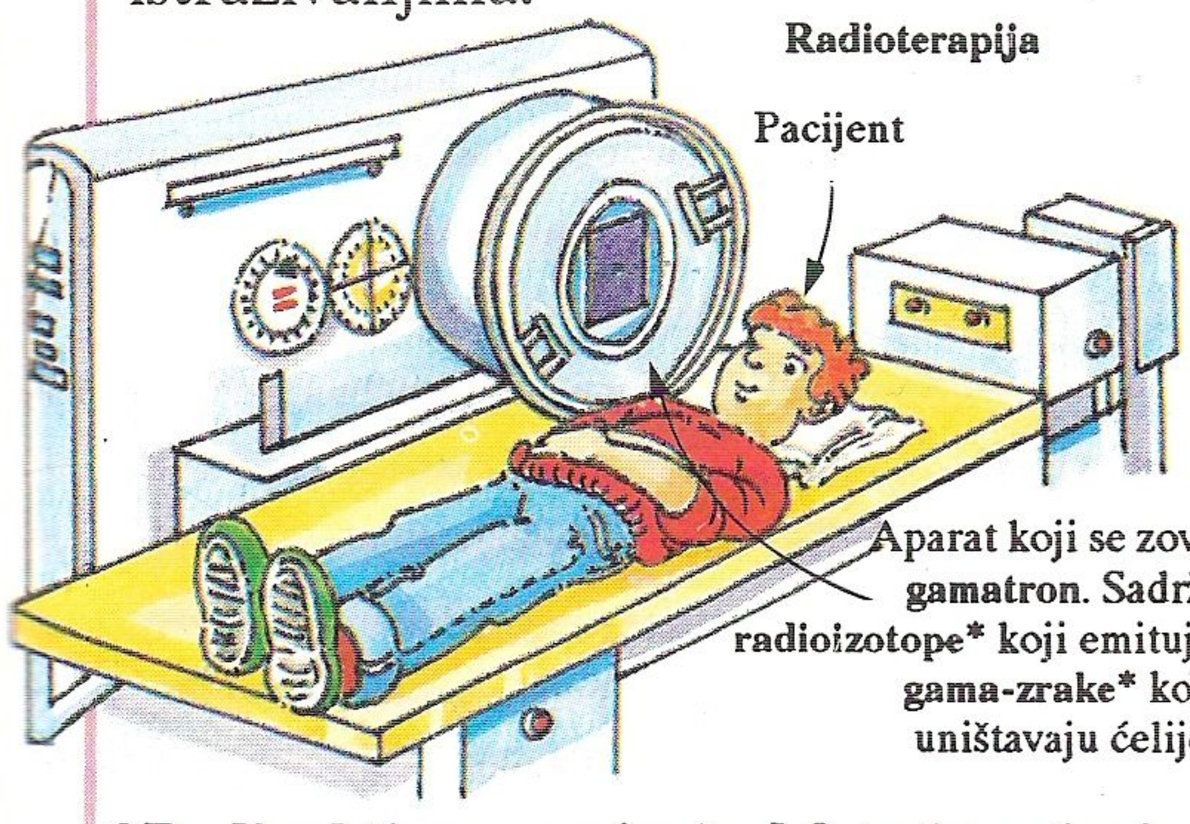
● **Scintilacioni brojač.** Uređaj koji otkriva **gama - zrake***. Sastoji se od **scintilacionog kristala i fotomultiplikatora.** Kristal je napravljen od **fosfora*** (npr. natrijum - jodida). Fosfori svjetlucaju, emituju svjetlost (**scintilacije**) pod djelovanjem zračenja.



* **Alfa-čestice, Beta-čestice**, 86; **Difuzija**, 5; **Elektroni**, 83; **Gama-zraci**, 86; **Jonizacija**, 88; **Fosfor**, 45 (**Fosforescencija**) ; **Radioaktivni raspad**, 87.

Primjena radioaktivnosti

Zračenje koje emituju **radioizotopi*** (radioaktivne supstance) može imati različitu primjenu, naročito u medicini, industriji i arheološkim istraživanjima.



Aparat koji se zove **gamatron**. Sadrži **radioizotope*** koji emituju **gama-zrake*** koji uništavaju ćelije.

- **Radiologija.** Proučavanje **X-zraka*** i radioaktivnosti, naročito njihove primjene u medicini.

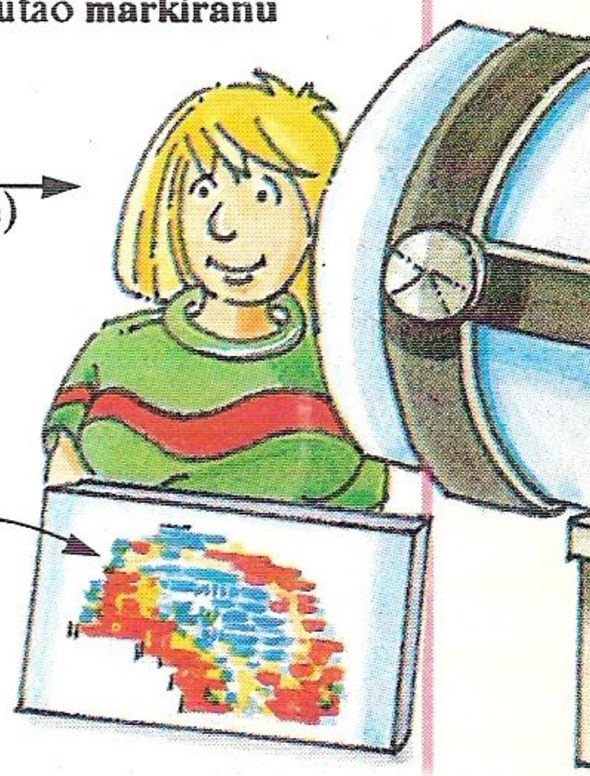
- **Radioterapija.** Primjena zračenja koje emituju **radioizotopi*** za liječenje oboljenja. Sve žive ćelije mogu podnijeti zračenje, pa je moguće uništiti maligne (kancerozne) ćelije primjenjujući pažljivo dozirano zračenje.

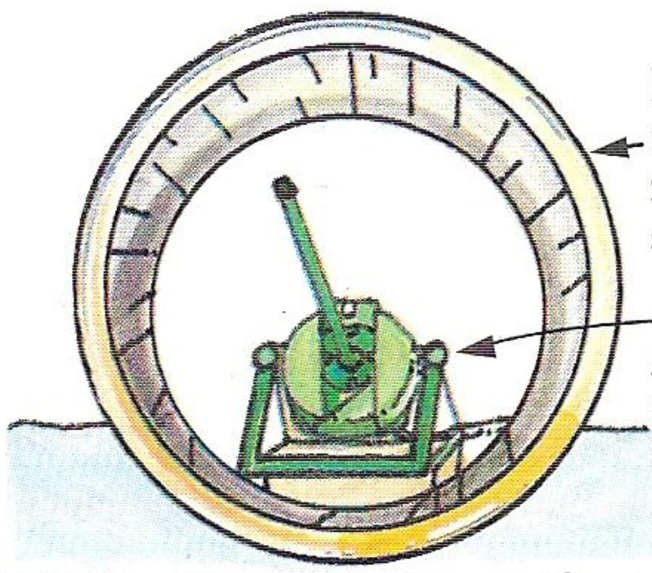
- **Radioaktivno praćenje.** Metod praćenja kretanja supstance kroz tijelo i određivanje njene koncentracije dok se kreće. To se vrši uvođenjem **radioizotopa*** u supstancu i utvrđivanjem zračenja koje ono emituje. Radioizotop se zove **pratilac**, a za supstancu se kaže da je **obilježena** . Kod medicinskih dijagnoza npr. visok nivo radioizotopa u nekom organu može označiti prisustvo malignih (kanceroznih) ćelija. Radioizotopi koji se ovdje primjenjuju uvijek imaju kratko vrijeme **poluraspada*** i cijepaju se u supstance koje nisu štetne.

Pacijent je progutao **markiranu supstancu**.

Skener (gama - kamera) označava **radioizotope *** u tijelu.

Primjer **skena** (ljekar može locirati oboljela mjesta pomoću raznih boja).





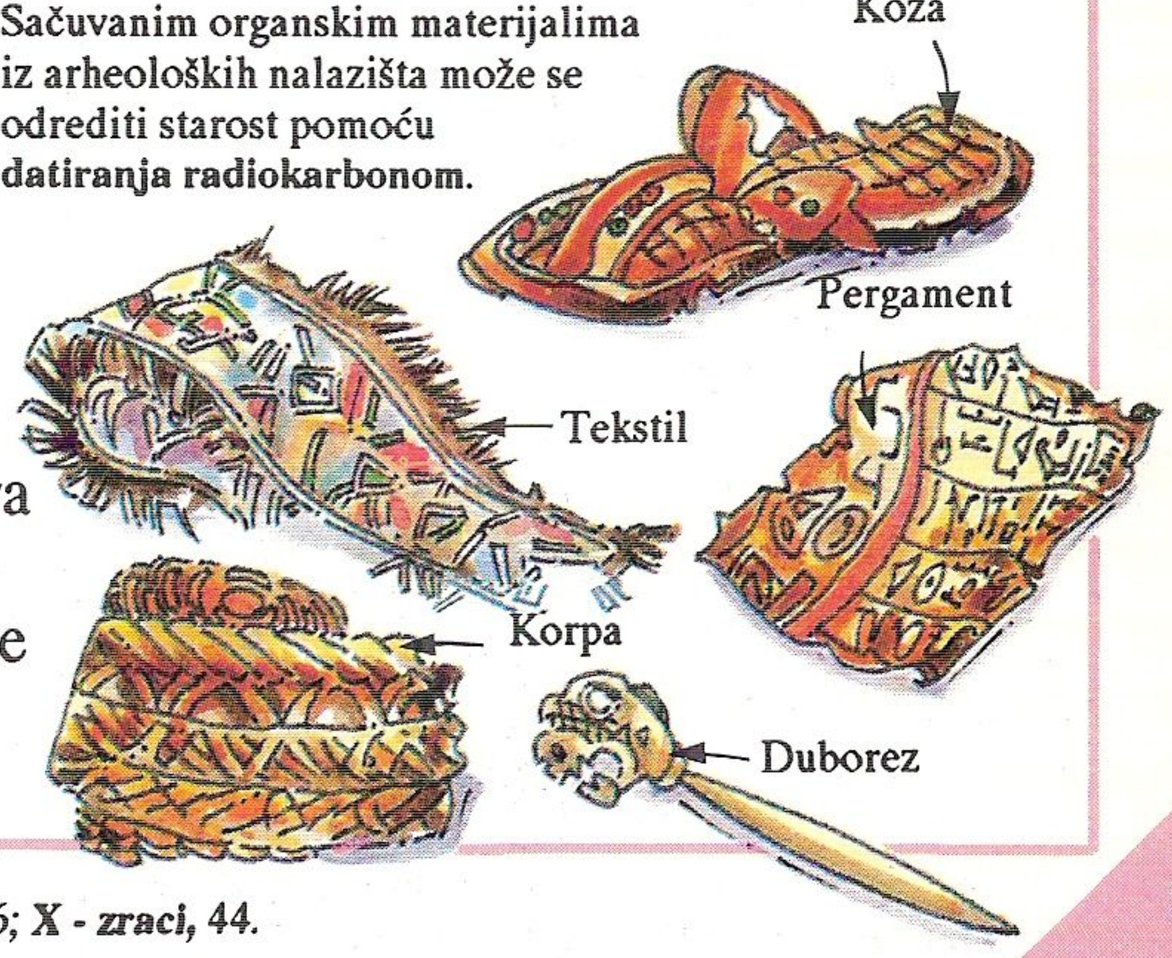
Ispitivanje neispravnosti zavarivanja metalne slavine.

Aparat koji sadrži **radioizotope *snima** radiogram.

- **Gama - radiografija (γ - radiografija).** Stvaranje **radiograma** (slično fotografiji) primjenom **gama - zraka*** (vidi i **X - radiografija**, str.44). Ona ima mnogo primjena, uključujući kontrolu kvaliteta u industriji.

- **Određivanje starosti pomoću karbona .** Način izračunavanja proteklog vremena od trenutka ugibanja neke žive materije. Svi živi organizmi sadrže malu količinu karbona-14 (**radioizotop*** koji se apsorbuje iz atmosfere), koji nastavlja da emituje zračenje nakon njihove smrti. Ova emisija postepeno slabi (karbon-14 ima **vrijeme poluraspada*** 5 700 godina), pa se može izračunati starost organizma analizom preostalog zračenja.

Sačuvanim organskim materijalima iz arheoloških nalazišta može se odrediti starost pomoću datiranja radiokarbonom.



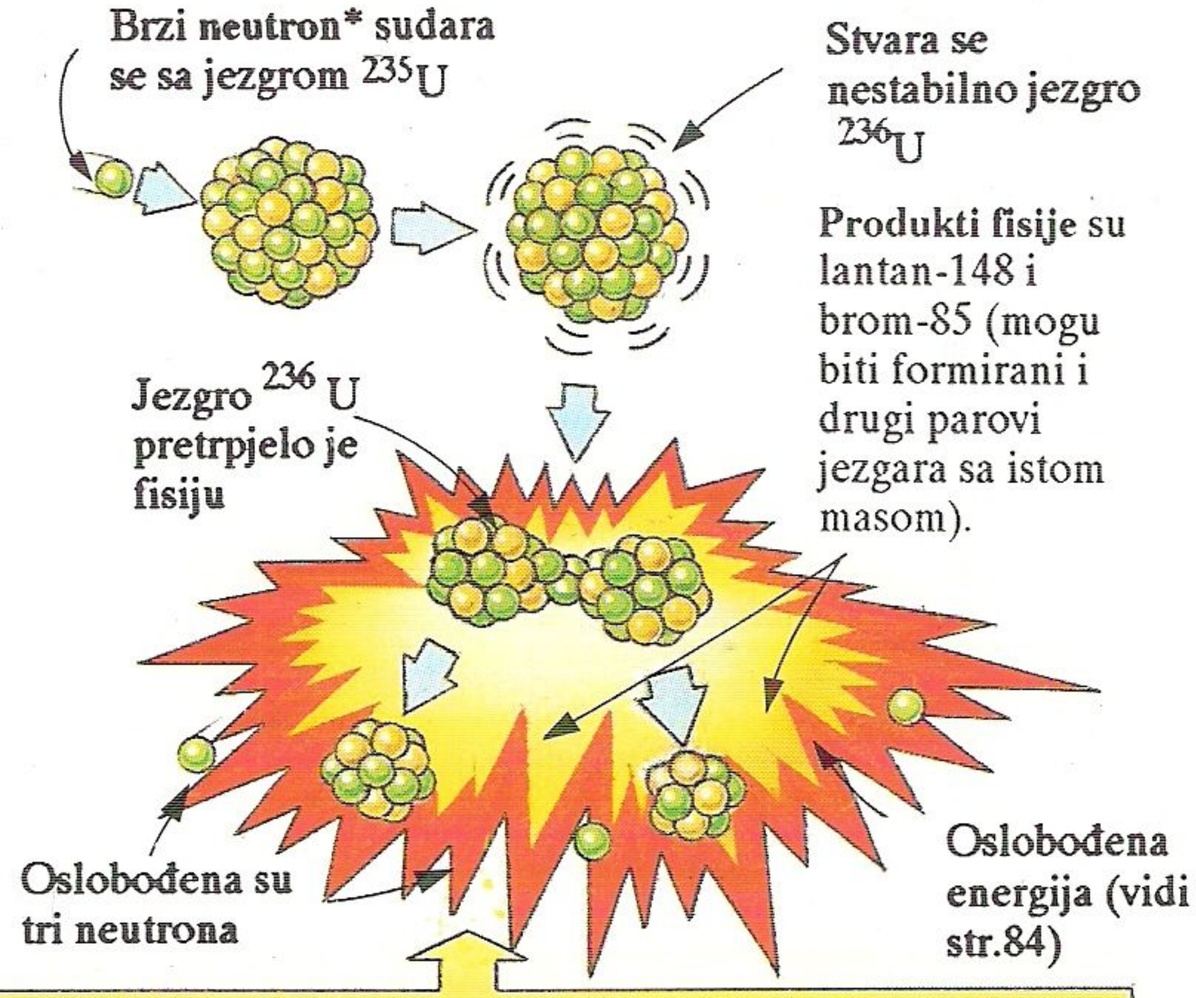
** Gama - zraci, 86; Vrijeme poluraspada, 87; Radioizotop, 86; X - zraci, 44.*

Nuklearna fisija i fuzija

Jezgro atoma (vidi str. 82) sadrži ogromne količine "uskladištene" energije (vidi str. 84-85). **Nuklearna fisija** i **nuklearna fuzija** su načini oslobađanja te energije. Obje su **nuklearne reakcije** (reakcije koje dovode do promjena u jezgru).

- **Nuklearna fisija.** Proces u kome se teško, nestabilno jezgro cijepa u dva (ili više) lakša jezgra, otprilike jednaka po veličini, uz oslobađanje dva ili tri **neutrona*** **(fisioni neutroni)** i velike količine energije (vidi str. 84). Dva lakša jezgra zovu se **produkti fisije ili fisioni fragmenti** i mnogi od njih su **radioaktivni***.Fisija se može izazvati (vidi **indukovana fisija**) u **fisionim reaktorima*** za proizvodnju toplotne energije. Ona se ne dešava često u prirodi (**spontana fisija**).

Indukovana fisija urana-235

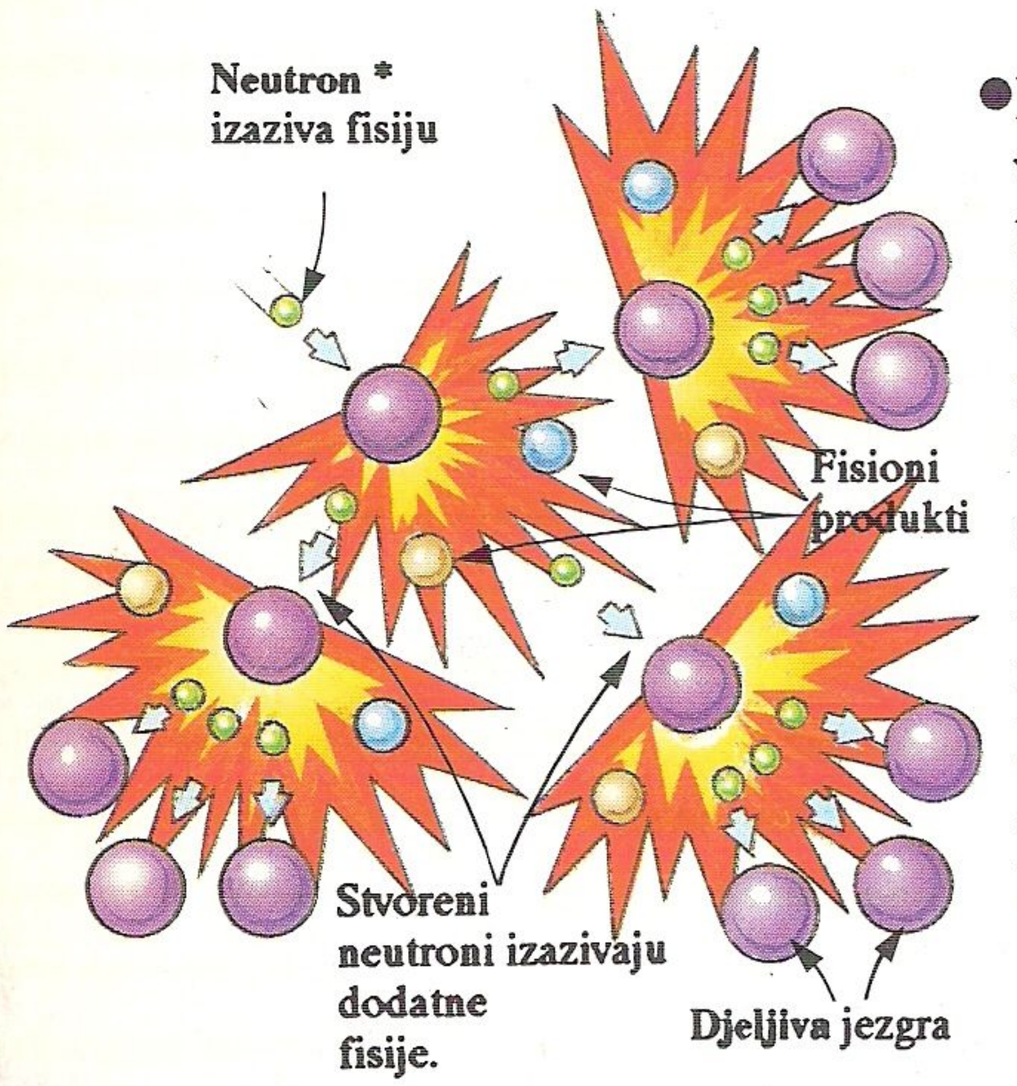


Nuklearna jednačina za reakciju gore desno (vidi maseni i atomski broj, str. 82)

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{148}_{57}La + ^{85}_{35}Br + 3^{1}_{0}n + \text{energija}$$

- **Spontana fisija. Nuklearna fisija** koja se dešava u prirodi, tj. bez vanjskog djejstva. Ona se može desiti jezgru teškog elementa, npr. **izotopu*** urana-238, ali mogućnost je veoma mala u poređenju s jednostavnijim procesima kao što je **alfa - raspad**, koji se dešava umjesto fisije.

Indukovana fisija koja uzrokuje lančanu reakciju

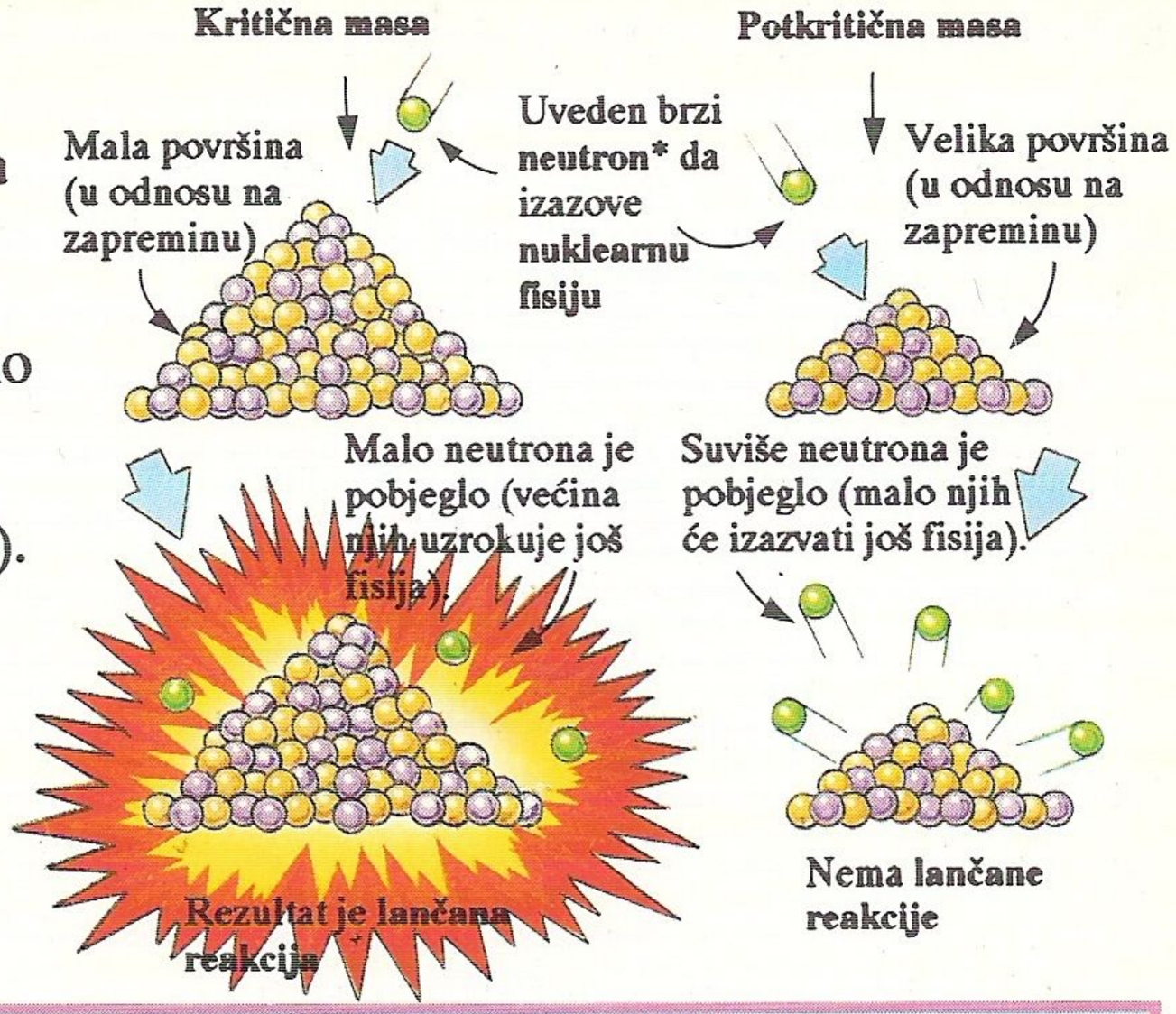


- **Inducirana fisija. Nuklearna fisija** jezgra koje je vještačkim putem učinjeno nestabilnim tj. bombardovano je brzom česticom (često **neutron***) koju apsorbuje. Na ovaj način se ne mogu pobuditi na fisiju sva jezgra. Ona koja mogu, tj. jezgra **izotopa*** urana-235 i plutonijuma-239 su **djeljiva**. Ako u supstanci ima mnogo djeljivih jezgara (vidi i **termalni i brzi reaktor**, str.95), onda će neutroni oslobođeni indukovanom fisijom izazvati još fisija. To se zove **lančana reakcija**. Kontrolisana lančana reakcija može da se vrši u **fisionom reaktoru***, ali fisija u **fisionoj bombi** je nekontrolisana i jako eksplozivna.

* **Alfa - raspad**, 87; **Fisioni reaktor**, 94; **Izotopi**, 83; **Neutroni**, 82; **Radioaktivnost**, 86.

● **Kritična masa.** Minimalna masa djeljive supstance koja je potrebna da podrži **lančanu reakciju** (vidi **indukovana fisija**). Kod manjih, **potkritičnih masa** odnos površine i zapremine je velik i mnogo **neutrona*** stvorenih u prvim fisijama odlazi u atmosferu. Nuklearno gorivo se drži u potkritičnoj masi.

● **Fisiona ili atomska bomba (A-bomba).** Bomba kod koje su spojene dvije **potkritične mase** (vidi gore) pomoću okidača eksplozije. Nastala **lančana reakcija** (vidi **inducirana fisija**) oslobađa ogromne količine energije.



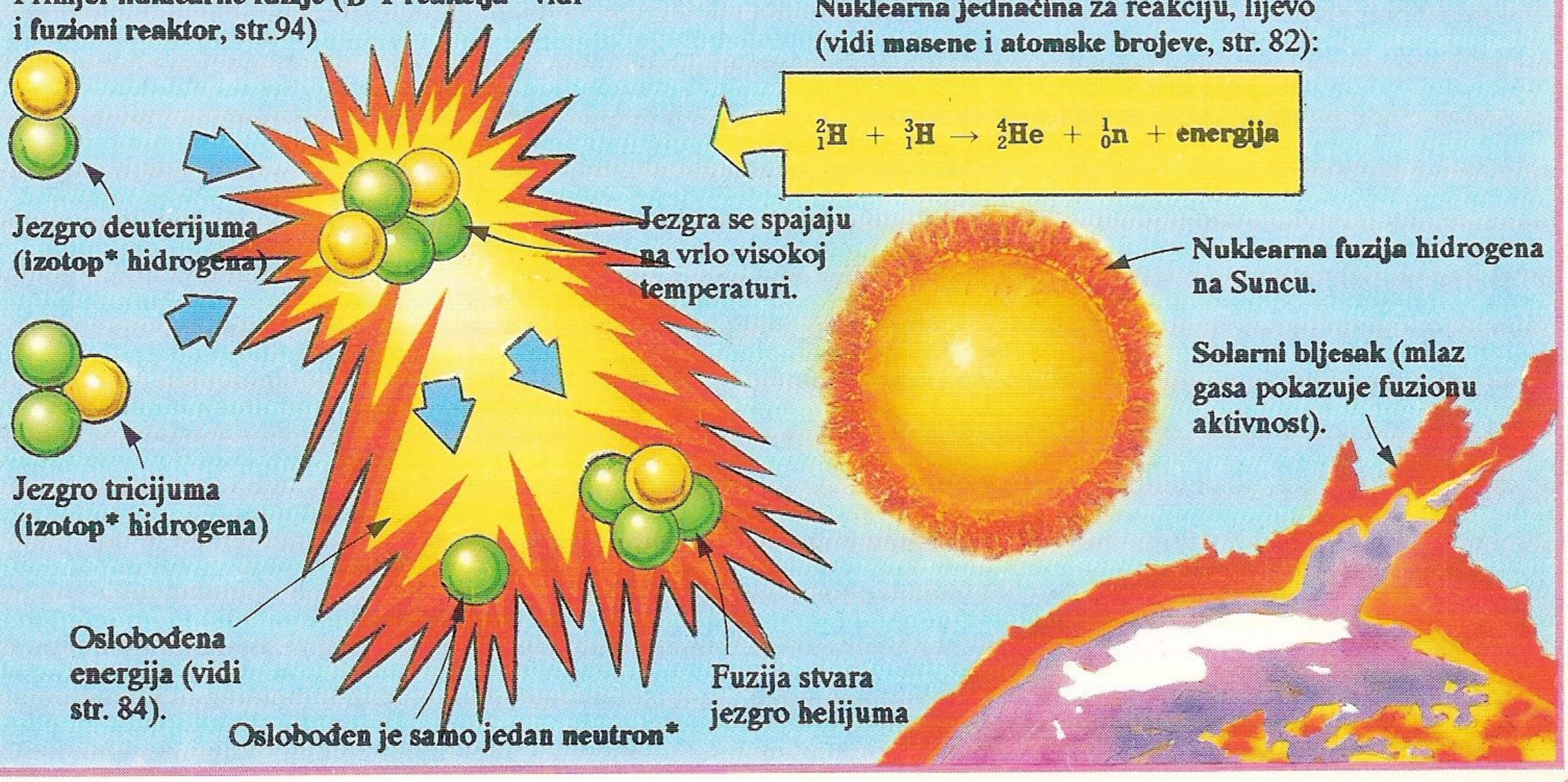
● **Nuklearna fuzija.** Sudar i spajanje dva laka jezgra da bi stvorili teže, stabilnije jezgro, uz oslobađanje velikih količina energije (vidi i str.84). Za razliku od **nuklearne fisije**, fuzijom ne nastaju **radioaktivni*** produkti. Za nuklearnu fuziju su potrebne temperature od milion stepeni Celzijusa da bi jezgra imala kinetičku energiju koja bi bila dovoljna za njihovo spajanje pri sudaru (zbog visokih temperatura reakcije fuzije se još zovu **termonuklearne reakcije**). Zato se ona u prirodi dešava samo na Suncu (i sličnim zvijezdama). Vrše se istraživanja s ciljem da se postigne kontrolisana, inducirana fuzija u **fuzionim reaktorima***.

● **Fuziona ili hidrogenska bomba (H-bomba).** Bomba kod koje dolazi do nekontrolisane **nuklearne fuzije** miješanjem tricijuma i deuterijuma (hidrogenovi **izotopi***). Eksplozija **fisione bombe** stvara potrebnu visoku temperaturu (zato se fuzione bombe takođe zovu **fisiono -fuzione bombe**). Oslobođena energija je oko 30 puta veća od energije bombe iste veličine.

Primjer nuklearne fuzije (D-T reakcija - vidi i fuzioni reaktor, str.94)

Nuklearna jednačina za reakciju, lijevo (vidi masene i atomske brojeve, str. 82):

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + ^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow ^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{1}_{0}\mathrm{n} + \text{energija}$$



* **Fuzioni reaktor**, 94; **Izotopi**, 83; **Kinetička energija**, 9; **Neutroni**, 82; **Radioaktivnost**, 86.

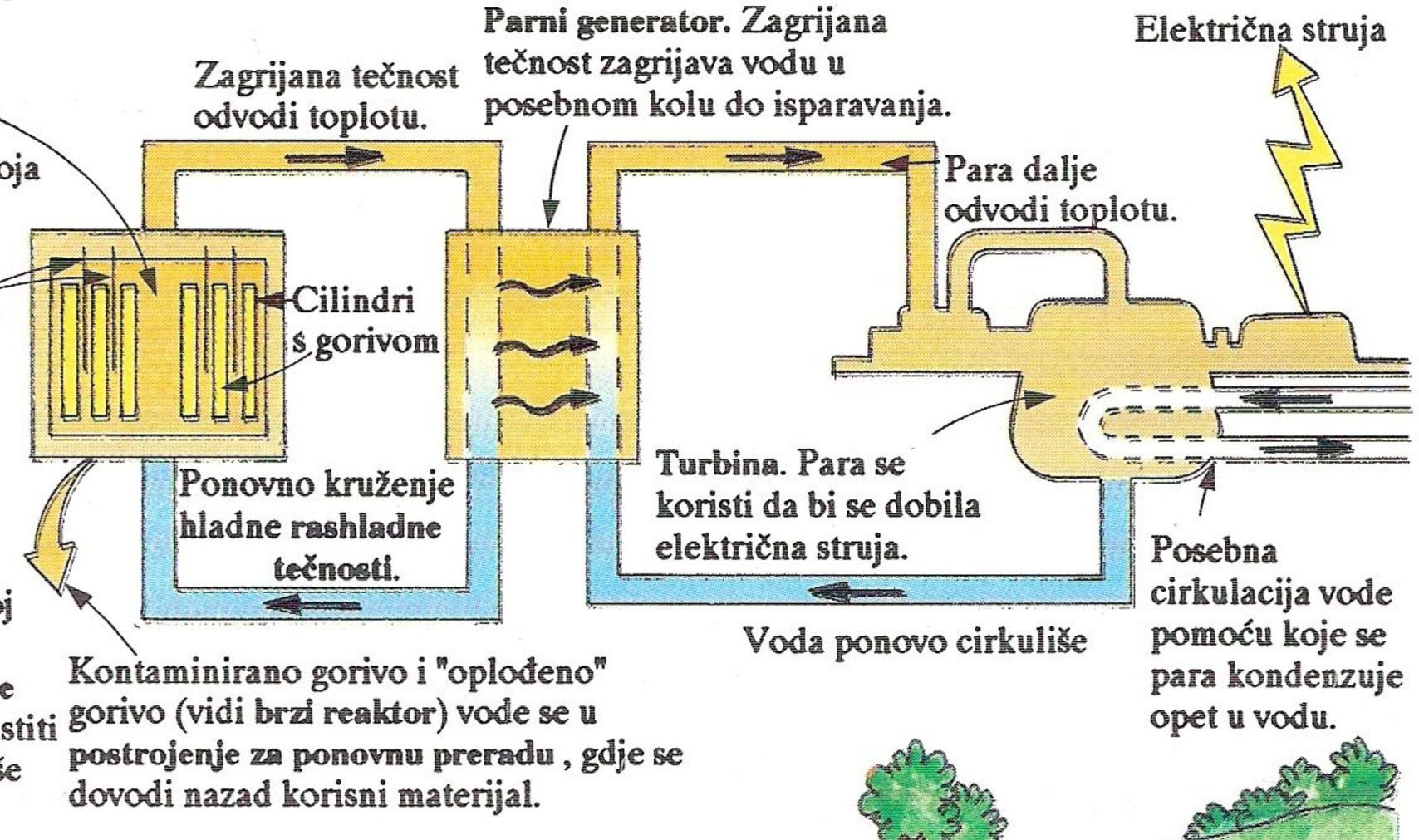
Energija nuklearnih reakcija



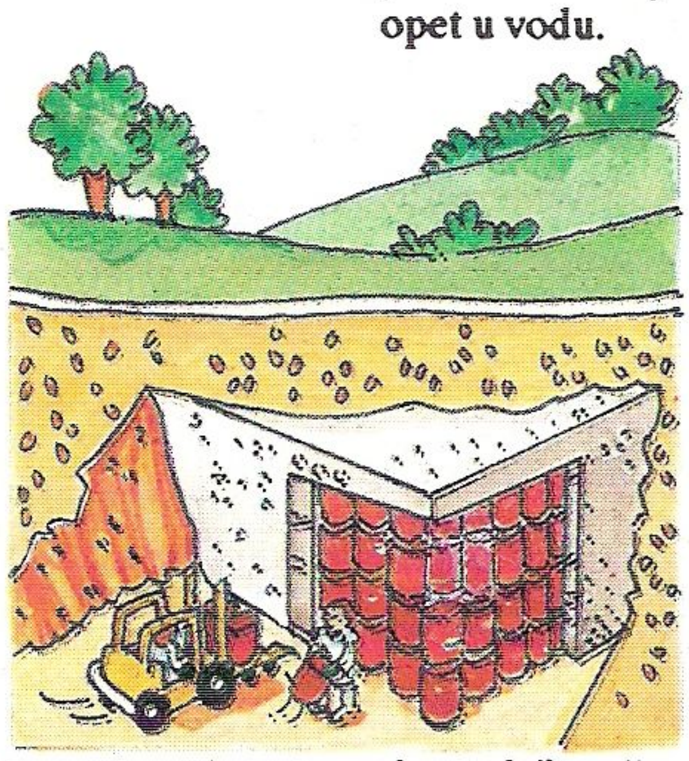
Nuklearni reaktor je uređaj unutar koga nuklearne reakcije proizvode ogromne količine toplote. Postoje dva glavna tipa reaktora: **fisioni** i **fuzioni reaktori**, mada se ovi drugi još uvijek istražuju. Sve današnje **nuklearne elektrane** su izgrađene oko centralnog fisionog reaktora i svaka proizvodi po jedinici mase goriva, daleko veće količine energije (električne) nego bilo koji drugi tip elektrane.

- **Fisioni reaktor. Nuklearni reaktor** u kome se toplota proizvodi **nuklearnom fisijom***. Postoje dva tipa reaktora u upotrebi u nuklearnim elektranama - **termalni reaktori** i **brzi reaktori** (vidi slijedeće stranice). U oba slučaja uran je glavno gorivo. Ono se drži u dugačkim cilindrima smještenim u **jezgru** (središte reaktora). Brzina **lančane reakcije*** (a time i proizvodnja energije) se kontroliše pomoću **kontrolnih šipki**. Vidi dolje dijagram koji pokazuje upotrebu fisionog reaktora za stvaranje energije.

Šematski dijagram fisionog reaktora i kompleks elektrane.



- **Fuzioni reaktor.** Vrsta **nuklearnog reaktora** koji se još ispituje, ali za sada je neusavršen. U njemu bi se toplota proizvodila **nuklearnom fuzijom***. To će vjerovatno biti fuzija jezgara hidrogenovih **izotopa*** deuterijuma i tricijuma - poznato kao **D-T reakcija** (vidi sliku, str. 93). Mora se prevazići nekoliko većih problema prije nego fuzioni reaktor postane stvarnost, ali on bi proizvodio oko četiri puta više energije po jedinici mase goriva nego **fisioni reaktor**. Takođe, hidrogena ima mnogo, dok je uran rijedak, opasan i skup.



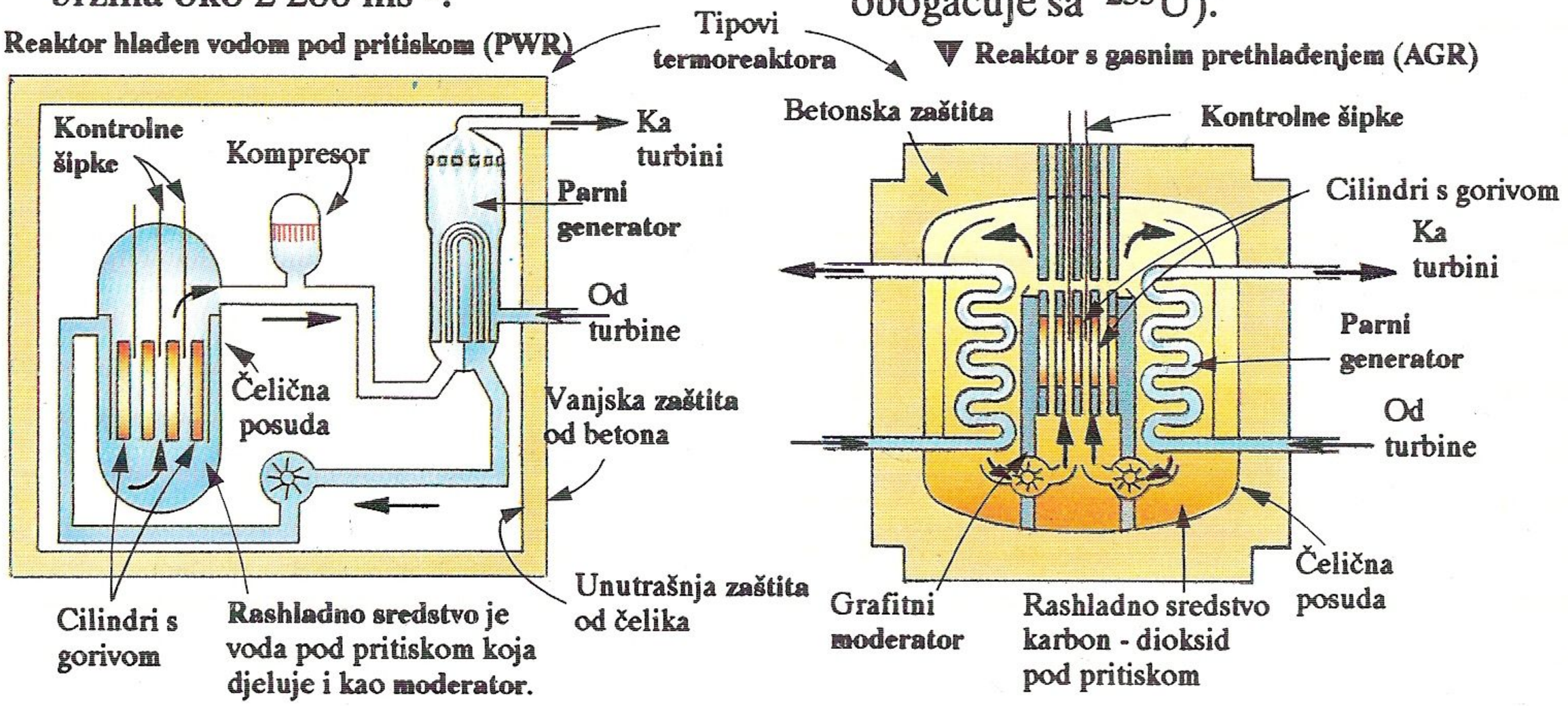
Opasan radioaktivan *otpad (istrošeno gorivo) nastao u fisionim reaktorima mora se zakopati. Fuzioni reaktori ne bi ostavljali takav otpad.

* **Lančana reakcija**, 92 (**Inducirana fisija**) ; **Izotopi**, 83 ; **Neutroni**, 82 ; **Nuklearna fisija**, 92 ; **Nuklearna fuzija**, 93 ; **Radioaktivnost**, 86.

Tipovi fisionih reaktora

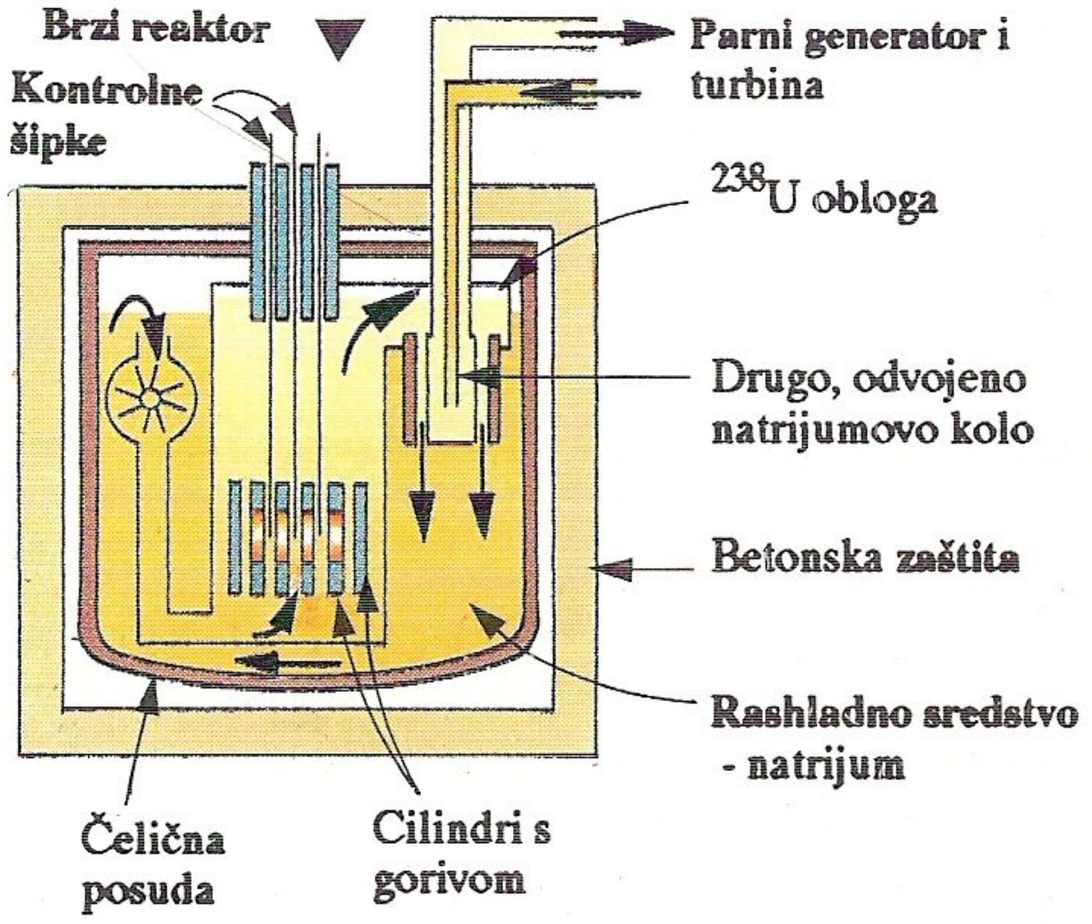
- **Termoreaktor. Fisioni reaktor** koji ima **moderator** oko cilindra s gorivom. To je supstanca sa lakim jezgrima, kao što su grafit ili voda. Upotrebljava se za usporavanje brzih **neutrona*** koji nastaju u prvim fisijama u gorivu prirodnog urana - neutroni se odbijaju na lakim jezgrima (koja vjerovatno neće apsorbovati neutrone) i usporavaju do brzina oko 2 200 ms^{-1}.

Usporavanje neutrona povećava njihove mogućnosti za izazivanje fisija (i nastavak **lančane reakcije***). Postoji vjerovatnoća da brze neutrone "zarobe" najbrojnija jezgra - jezgra **izotopa*** urana-238 (vidi **brzi reaktor**). Spori neutroni mogu putovati dalje dok ne naiđu na jezgra urana-235, koja će pretrpjeti fisiju kada ih pogode neutroni bilo koje brzine. Ova jezgra čine manji procenat goriva (uprkos činjenici da se sada gorivo često obogaćuje sa ^{235}U).



- **Brzi reaktor ili brzi oplodni reaktor - brider (FBR). Fisioni reaktor** unutar kojega je **neutronima** koji uzrokuju fisiju dozvoljeno da ostanu brzi (kreću se brzinom od oko $2x10^7$ ms^{-1}). Gorivo koje se upotrebljava uvijek se obogaćuje jezgrima urana-235 (vidi **termoreaktor**) i plutonijuma-239. Oba jezgra se lako cijepaju kada ih pogode brzi neutroni, za razliku od urana-238, koji će vjerovatnije "zarobiti" neutrone (prelazeći u ^{239}U) i pretrpjeti **radioaktivni raspad***. Finalni produkt ovog raspada je ^{239}Pu. Brzi reaktori se takođe zovu "brideri" (oplodni), jer proces raspada ^{239}U u ^{239}Pu može da se desi u oblozi od ^{238}U oko glavnog goriva. Stoga nastaje još goriva i ono se može uskladištiti.

Brzi reaktori imaju kompaktnije jezgro i rade na višim temperaturama od termoreaktora. I efikasniji su, iskorištavaju mnogo veću količinu svog goriva prije nego ono postane kontaminirano.



* **Lančana reakcija**, 92 (**Indukovana fisija**); **Izotopi**, 83; **Neutroni**, 82; **Radioaktivni raspad**, 87.

Veličine i jedinice

Fizičke veličine koje se primjenjuju u fizici su npr. **masa***, **sila***, električna **struja***. Moramo ih mjeriti na neki način i zato svaka od njih ima svoju **jedinicu**. One su prihvaćene u cijelom svijetu i zovu se **jedinice Internacionalnog sistema** ili **SI-jedinice** (kratica iz francuskog "Système International"). Sve veličine su klasificirane kao **osnovne** ili **izvedene veličine**.

- **Osnovne veličine** su one na osnovu kojih se mogu definisati sve druge veličine (vidi **izvedene veličine**) (vidi tabelu dolje). Svaka osnovna veličina ima svoju **osnovnu SI-jedinicu**, pomoću koje se mogu definisati sve druge jedinice.

Osnovna veličina	Simbol	Osnovna SI-jed.	Kratica
Masa	m	kilogram	kg
Dužina	l	metar	m
Vrijeme	t	sekunda	s
Električna struja	I	amper	A
Temperatura	T	kelvin	K
Količina supstance	n	mol	mol
Intenzitet svjetlosti	I_s	kandela	cd

Osnovne SI-jedinice

- **Kilogram (kg)**. SI-jedinica za masu. Jednaka masi internacionalnog prototipa metalnog cilindra koji se čuva u Sevru, blizu Pariza.

- **Metar (m)**. SI-jedinica za dužinu. Jednaka je dužini putanje koju u vakuumu pređe svjetlost za vrijeme od 1/299 792 458 sekundi.

- **Sekunda (s)**. SI-jedinica za vrijeme. Jednaka je trajanju od 9 192 631 770 **perioda*** jedne vrste zračenja koje emituje atom cezijuma-133.

- **Amper (A)**. SI-jedinica električne struje (vidi i str. 60). Jednaka je jačini struje koja prolazeći kroz dva pravolinijska paralelna provodnika neograničene dužine, postavljena u vakuumu, proizvodi silu između njih jednaku $2x10^{-7}$ njutna po metru dužine.

- **Kelvin (K)**. SI-jedinica za temperaturu. Jednaka je 1/273,16 temperature **trojne tačke** vode (tačka u kojoj mogu istovremeno postojati led, voda i para) u **apsolutnoj temperaturnoj skali***.

- **Mol (mol)**. SI-jedinica za količinu supstance (ne zaboravite da to nije isto što i masa, jer je to broj čestica supstance). Mol je jednak količini supstance koja sadrži $6,02x10^{23}$ (to je **Avogadrov broj**) čestica (tj.atoma ili molekula).

- **Kandela (cd)**. SI-jedinica za intenzitet svjetlosti. Jednaka je intenzitetu svjetlosti koji emituje izvor monohromatskog zračenja frekvencije $540x10^{12}$Hz u određenom pravcu. Energetska jačina u toku procesa je 1/683 W/steradijanu.

Prefiksi

Navedene SI-jedinice mogu ponekad da budu prevelike ili premale za upotrebu, npr. metar je suviše veliki za mjerenje debljine komada papira. Zato se primjenjuju standardni prefiksi ispred odgovarajuće jedinice (vidi tabelu dolje). Npr. milimetar (mm) je 1/1000 metra. Standardni razlomci i multipli (uključuju potenciju od 10^3, npr. 10^3 ,10^6 ,10^{-3}).

Multipl	Prefiks	Simbol
10^3	kilo-	k
10^6	mega-	M
10^9	giga-	G

Drugi razlomci i umnošci u upotrebi

Razlomak ili multipl	Prefiks	Simbol
10^2	hekto-	h
10^1	deka-	da
10^{-1}	deci-	d
10^{-2}	centi-	c

Razlomak	Prefiks	Simbol
10^{-3}	mili-	m
10^{-6}	mikro-	μ
10^{-9}	nano-	n

* **Apsolutna temperaturna skala, 27 ; Crno tijelo, 29, (Leslijeva kocka) ; Električna struja, 60 ; Sila, 6 ; Masa, 12 ; Period, 16 ; Talasna dužina, 34.**

Izvedena veličina	Simbol	Definiciona jednačina	Izvedena SI-jedinica	Ime jedinice	Kratica
Brzina	v	$v = \frac{\text{udaljenost}}{\text{vrijeme}}$	$m\ s^{-1}$	-	-
Ubrzanje	a	$a = \frac{\text{brzina}}{\text{vrijeme}}$	$m\ s^{-2}$	-	-
Sila	F	F = masa × ubrzanje	$kg\ m\ s^{-2}$	njutn	N
Rad	W	W = sila × udaljenost	N m	džul	J
Energija	E	Sposobnost za rad	džul	džul	J
Snaga	P	$P = \frac{\text{izvršeni rad}}{\text{vrijeme}}$	$J\ s^{-1}$	vat	W
Površina	A	Zavisi od oblika (vidi str. 101)	m^2	-	-
Zapremina	V	Zavisi od oblika (vidi str. 101)	m^3	-	-
Gustina	ρ	$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{zapremina}}$	$kg\ m^{-3}$	-	-
Pritisak	P	$P = \frac{\text{sila}}{\text{površina}}$	$N\ m^{-2}$	paskal	Pa
Period	T	Vrijeme jednog ciklusa	s	-	-
Frekvencija	f	Broj ciklusa u sekundi	s^{-1}	herc	Hz
Impuls sile	-	Impuls sile = sila × vrijeme	N s	-	-
Impuls	-	impuls = masa × brzina	$kg\ m\ s^{-1}$	-	-
Naelektrisanje (naboj)	Q	Q=električna struja × vrijeme	A s	kulon	C
Razlika potencijala	V	$V = \frac{\text{prenesena energija}}{\text{naboj}}$	$J\ C^{-1}$	volt	V
Kapacitet	C	$C = \frac{\text{naboj}}{\text{razlika potencijala}}$	$C\ V^{-1}$	farad	F
Otpor	R	$R = \frac{\text{potencijalna razlika}}{\text{električna struja}}$	$V\ A^{-1}$	om	Ω

● **Izvedene veličine.** Veličine pored **osnovnih veličina** koje su definisane pomoću njih ili pomoću drugih izvedenih veličina. Izvedene veličine imaju **izvedene SI-jedinice** koje se definišu pomoću **osnovnih SI-jedinica** ili drugih izvedenih jedinica. Izračunavaju se iz definicionih jednačina za veličine i nekada imaju posebna imena.

Jednačine ,simboli i grafikoni

Sve **fizičke veličine** (vidi str. 96-97) i njihove jedinice se mogu predstaviti **simbolima** i na neki način su zavisne jedne od drugih . Zato postoji veza između njih koja se može izraziti **jednačinom** i predstaviti **grafikonom**.

Jednačine

Jednačina predstavlja vezu između dvije ili više fizičkih veličina. Ova veza se može izraziti kao **jednačina izražena riječima** ili kao jednačina koja povezuje **simbole** koji predstavljaju veličine. Drugi način se primjenjuje kada je uključen veći broj veličina, jer je tako lakše. Značenje simbola mora biti objašnjeno.

Jednačina izražena riječima

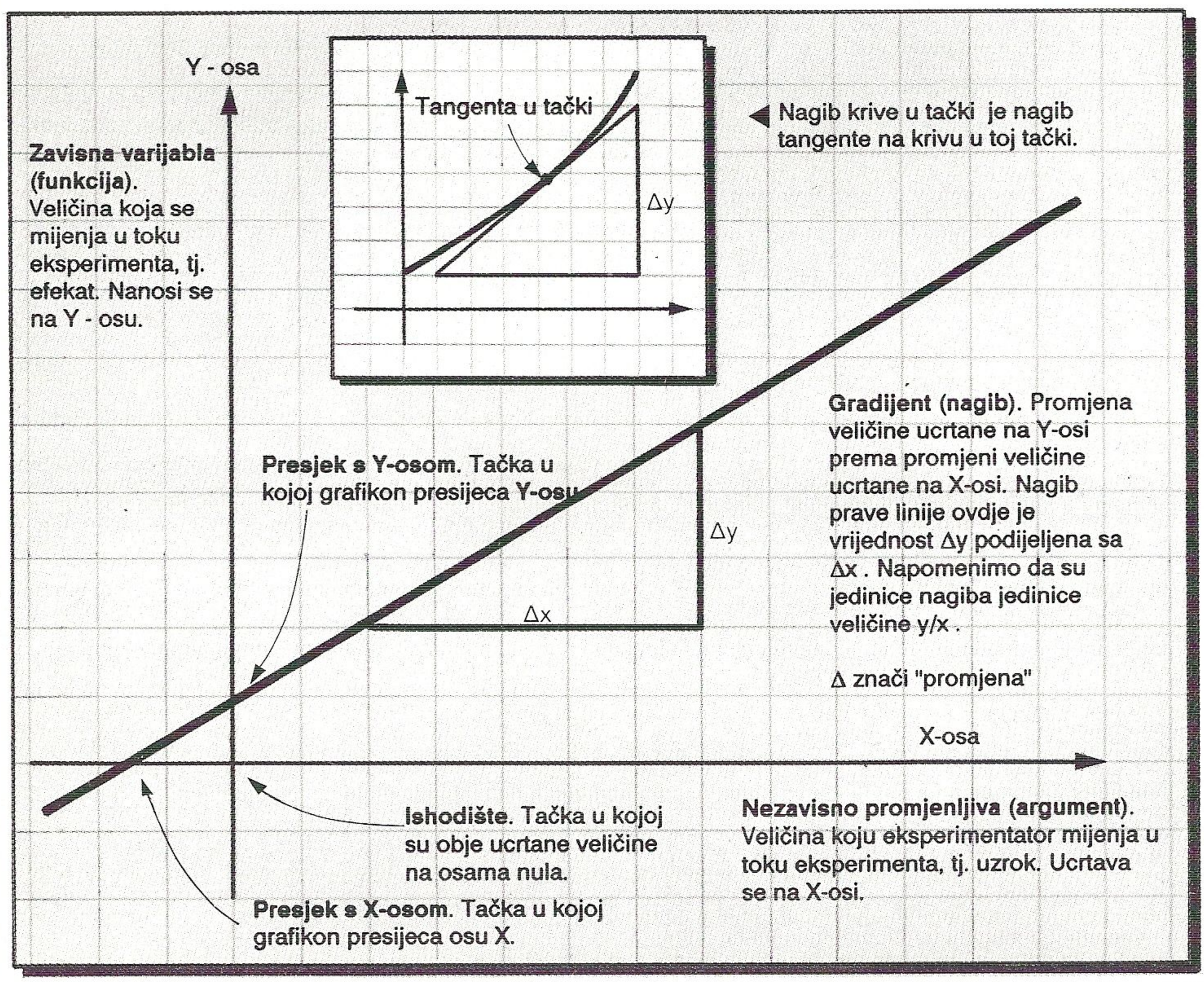
$$\text{Gustina} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Jednačina izražena simbolima

$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$ ili $Q = mc(t_2 - t_1)$,
gdje je Q=primljena ili odana toplotna energija, m=masa,
c=specifični toplotni kapacitet, t_1 i t_2 = temperature.

Grafikoni

Grafikon je vizuelni prikaz međusobne veze dvaju veličina. On pokazuje kako jedna veličina zavisi od druge. Tačke na grafikonu se ucrtavaju (unose) na osnovu vrijednosti veličina dobivenih u toku eksperimenta ili primjenom jednačine za prikaz tih veza, ako je ona poznata. Dvije ucrtane veličine su **varijable (promjenljive)**.



Simboli

Simboli se upotrebljavaju za označavanje **fizičkih veličina**. Vrijednost fizičke veličine sastoji se od brojčane vrijednosti i njene jedinice. Zato svaki simbol predstavlja i broj i jedinicu.

Simboli predstavljaju broj i jedinicu

$m = 2{,}1\ kg$ $c = 400\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

"Struja kroz otpornik = I" (tj. ne treba reći I ampera, jer je jedinica uključena)

Simbol podijeljen sa jedinicom je broj

$m = 2{,}1\ kg$, znači da $m/kg = 2{,}1$.

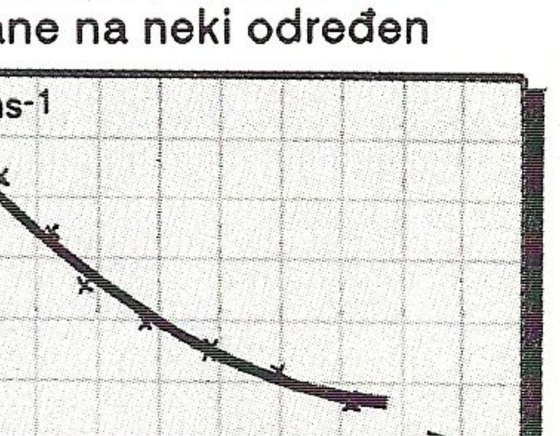
Ovakav način obilježavanja se upotrebljava u tabelama i na osama grafikona.

Bilo koji broj u ovom stupcu je dužina u metrima.

l/m	t^2/s^2
0.9	3.6
1.0	4.0
1.1	4.4
1.2	4.8

Bilo koji broj u ovom stupcu je kvadrat vremena mjeren u sekundi na kvadrat.

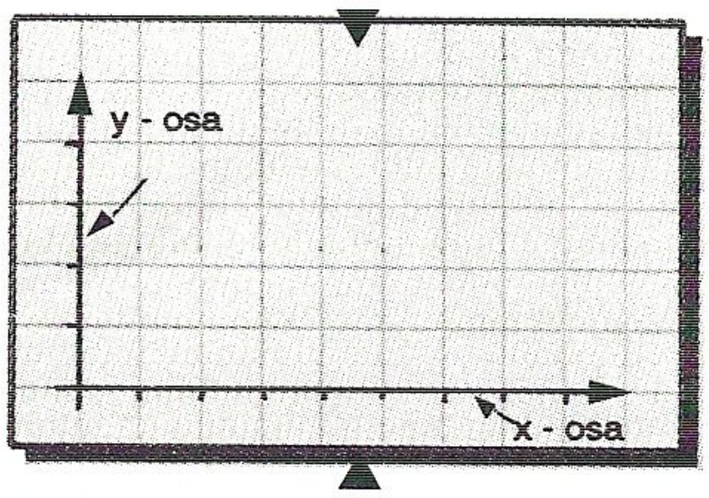
Bilo koji broj razmjere na osi je sila u njutnima.



Bilo koji broj razmjere na osi je dužina u milimetrima.

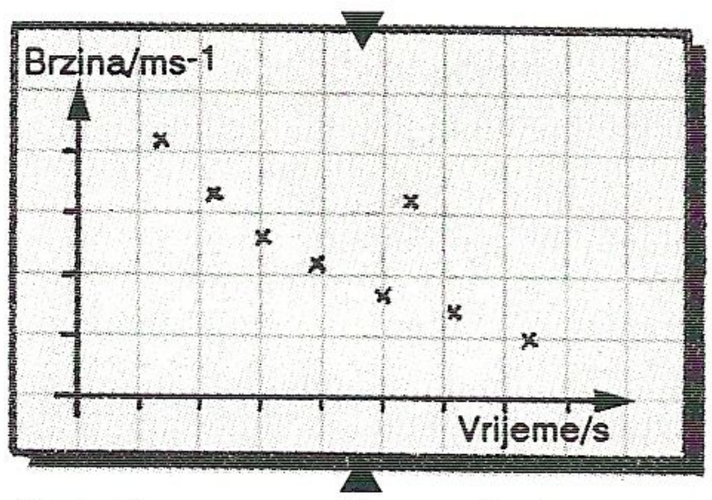
Crtanje grafikona

1. **Veličina** čije vrijednosti zadajemo u toku eksperimenta (argument) treba biti ucrtana na x-osi, a veličina koja se mijenja ovisno o njoj (funkcija) duž y-ose.



2. Razmjere na osama treba izabrati tako da je lako očitati brojne vrijednosti sa grafikona (kvadrate na papiru koji predstavljaju umnožak tri veličine treba izbjegavati).

3. Ose treba označiti simbolima koji predstavljaju veličinu (ili ime veličine) i njenu jedinicu, npr. dužina/mm.

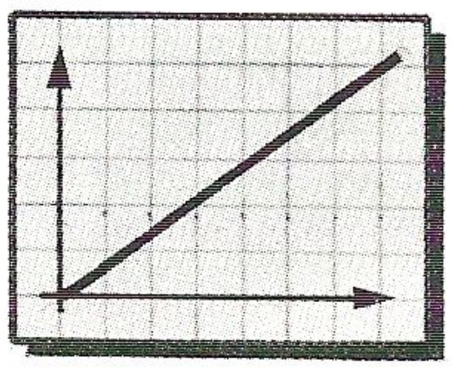


4.Tačke na grafikonu treba olovkom označiti sa x ili ⊙.

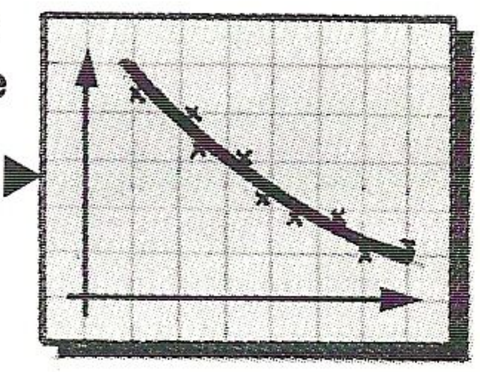
5. Treba ucrtati glatku krivu ili pravu liniju koje najbolje odgovaraju tačkama na grafikonu (ovo zato, jer su fizičke veličine obično povezane na neki određen način). Povezivanjem tačaka nećemo uvijek , uslijed grešaka u eksperimentu dobiti glatku krivu liniju , (neke tačke stoga ostaju izvan grafika).

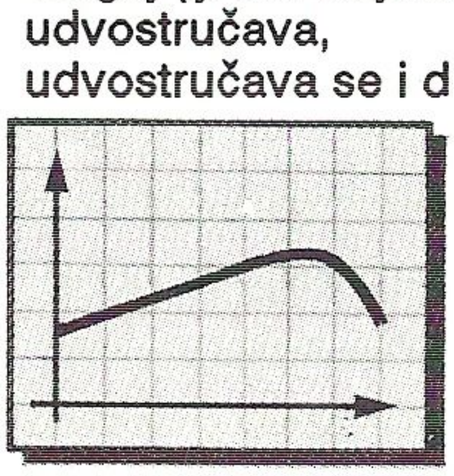
Informacije s grafikona

Prava linija na grafikonu koja prolazi kroz ishodište pokazuje da su veličine koje su ucrtane na osama proporcionalne jedna drugoj (tj. ako se jedna udvostručava, udvostručava se i druga).

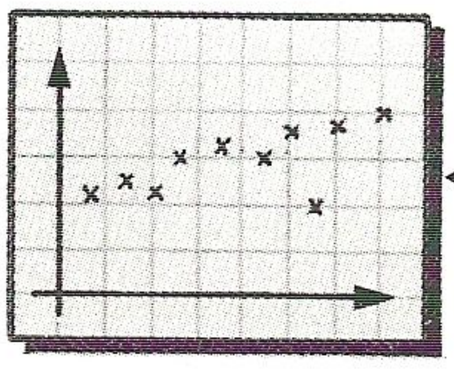


Razbacane tačke oko glatke krive linije ukazuju na greške u podacima nastale uslijed grešaka u proceduri, uređaju i mjerenju (ovo se dešava u bilo kom eksperimentu).





Graf pokazuje oblast u kojoj je veza između dvije veličine linearna (tj. jedna od njih se uvijek mijenja za istu vrijednost pri fiksnoj promjeni druge). To je oblast u kojoj je graf prava linija.



Pojedinačne tačke udaljene od krive linije vjerovatno su nastale zbog grešaka pri mjerenju podataka u tom dijelu eksperimenta. Međutim, te tačke ne treba zanemarivati - treba izvršiti provjeru i ponovno mjerenje ako je moguće.

Mjerenja

Mjerenje dužine

Metod mjerenja dužine zavisi od same dužine . Metarsko mjerilo se primjenjuje za dužine od 50 mm i više. Najmanji podjeljak je obično 1 mm i dužine se mogu ocijeniti sa tačnošću od 0.5 mm.

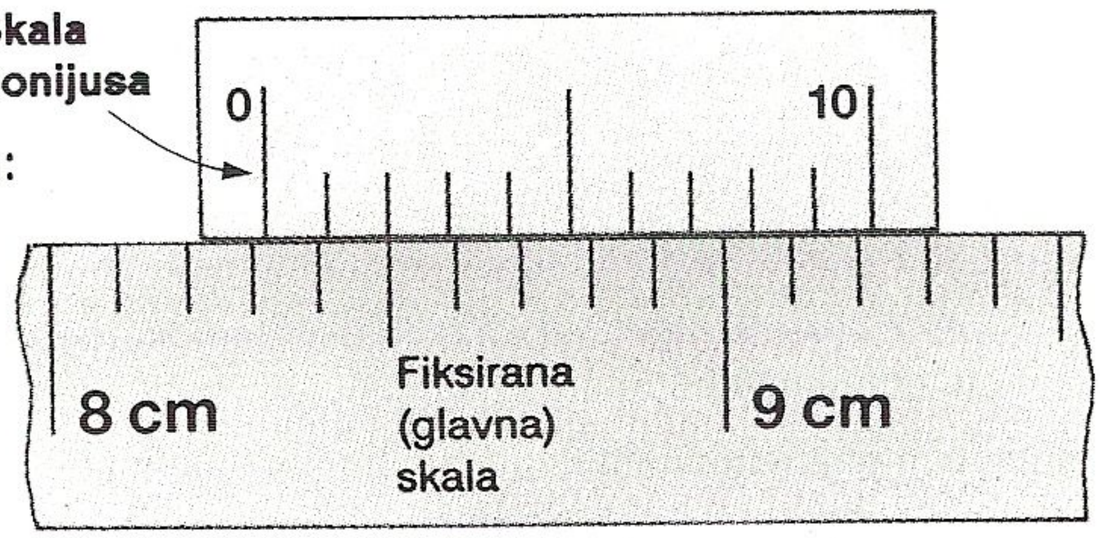
- **Pomična skala (nonijus)**. Kratka skala koja klizi duž fiksne skale. Na fiksiranoj skali se tačno može naći položaj nulte linije skale nonijusa. Ona se upotrebljava kod mjernih instrumenata kao što je **mjerilo s pomičnim kracima** (šubler). Metod očitanja položaja nulte linije na pomičnoj **skali - nonijusu**:

1. Pročitati približno položaj nulte linije - u ovom slučaju je 8,3 cm.

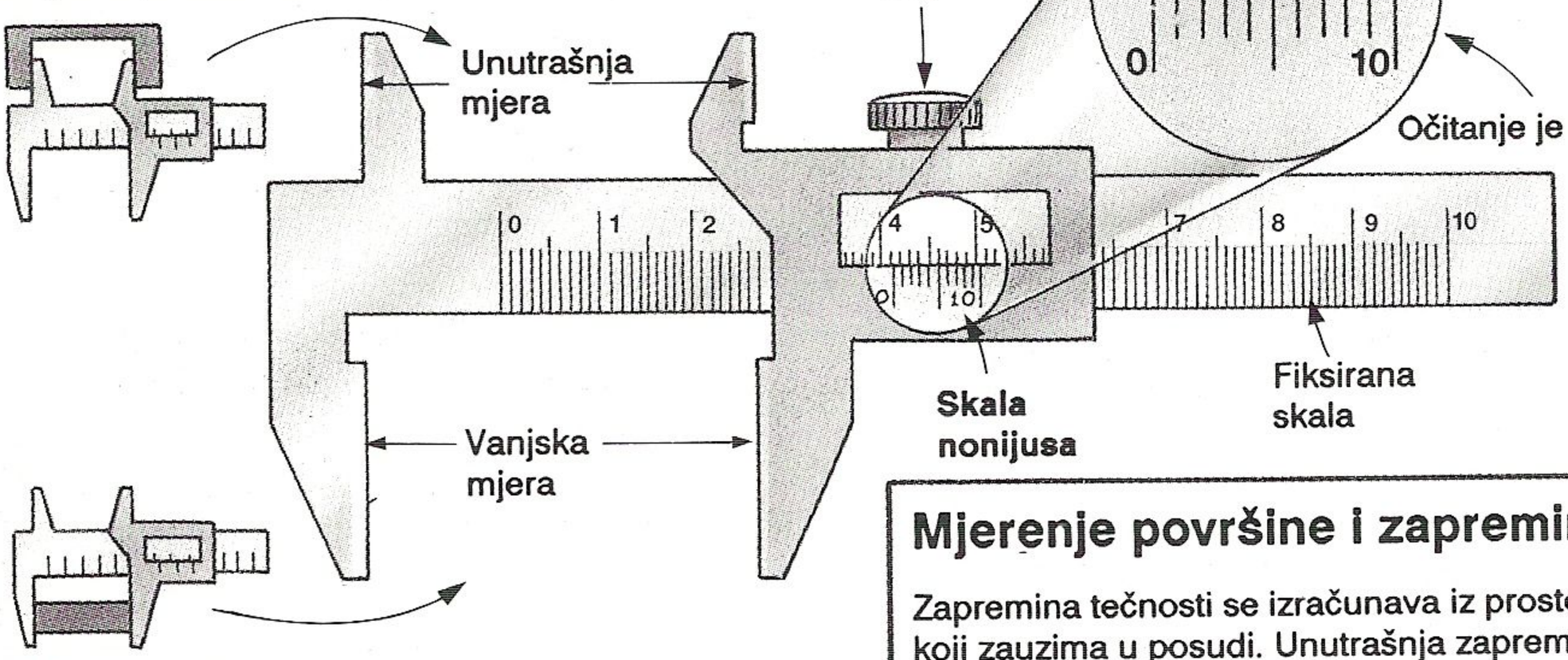
2. Naći položaj na skali nonijusa u kojem se oznake podudaraju- u ovom slučaju 2.

Za dužine manje od 50 mm unesena greška bi bila neprihvatljiva (vidi **greške pri očitanju**, str. 103). Zato se koristi **pomična skala (nonijus)**. Za mjerenje veoma malih dužina (do 0,01 mm) upotrebljava se **mikrometarski zavrtanj**.

3. Dodati to prethodnom broju - tačno očitavanje je 8,32 cm.



- **Mjerilo sa pomičnim kracima**. Instrument s **pomičnom skalom - nonijusom** za mjerenje dužina između 10 i 100 mm.



Metod mjerenja:

1. Sklopiti krakove i provjeriti da li se nula na **skali nonijusa** podudara s nulom na fiksnoj (glavnoj skali). Ako se ne poklapa, zapamtiti vrijednost očitanja (to je greška nultog položaja - **greška nule***).

2.Podesiti krakove mjerila na tijelu koje mjerimo.

3. Blokirati klizeći krak u tom položaju.

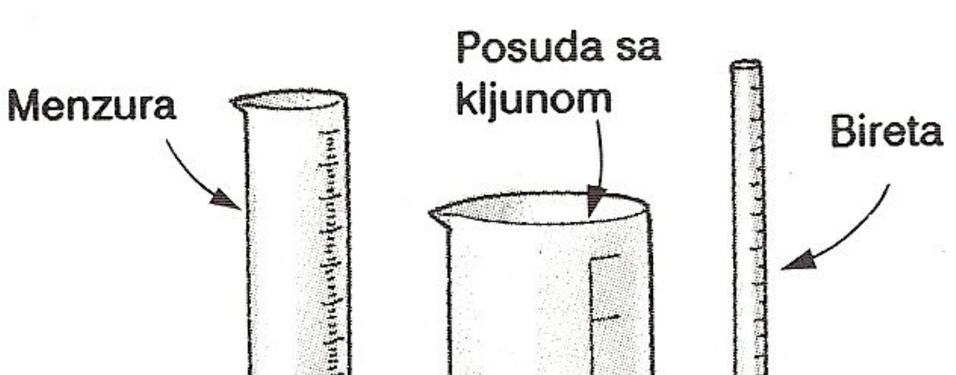
4. Zabilježiti očitanje na skali.

5. Dodati ili oduzeti grešku nule (vidi 1) da se dobije tačno očitanje.

Mjerenje površine i zapremine

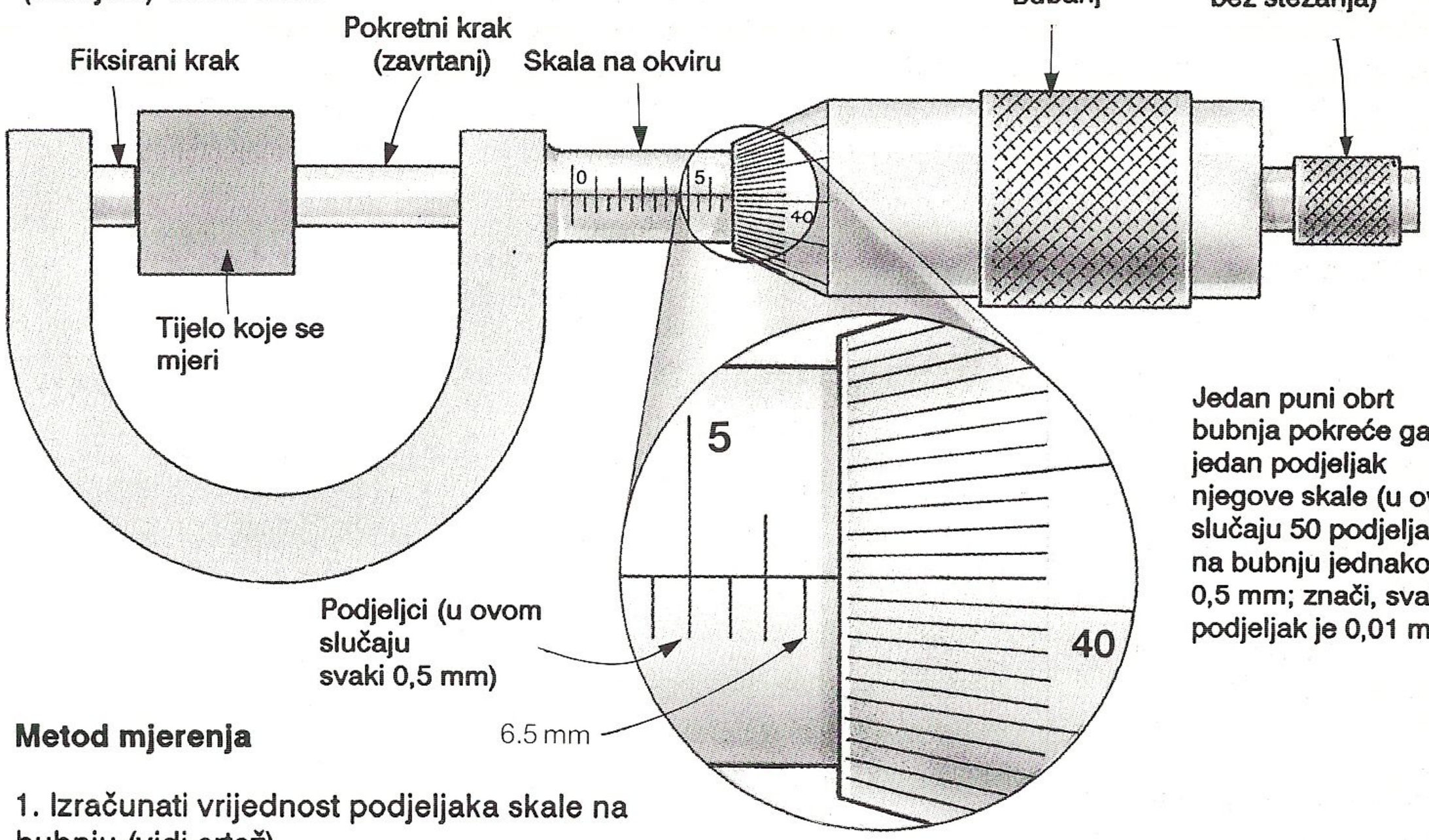
Zapremina tečnosti se izračunava iz prostora koji zauzima u posudi. Unutrašnja zapremina posude se zove njen **kapacitet. SI - jedinica*** za zapreminu je **litar** (l). Jednak je 10^{-3} m^3. Napomenimo 1 ml = 1 cm^3. Zapremina tečnosti se mjeri pomoću graduirane posude, npr. menzure.

Primjeri graduiranih posuda za mjerenje zapremine



*SI - jedinice, 96; Greška nule, 120.

● **Mikrometarski zavrtanj.** Instrument koji se upotrebljava za precizno mjerenje malih dužina (debljina) do 30 mm.



Jedan puni obrt bubnja pokreće ga za jedan podjeljak njegove skale (u ovom slučaju 50 podjeljaka na bubnju jednako je 0,5 mm; znači, svaki podjeljak je 0,01 mm).

Metod mjerenja

1. Izračunati vrijednost podjeljaka skale na bubnju (vidi crtež).

2. Upotrebljavajući zupčasti točak, sklopiti krakove instrumenta do kraja. Nula na skali bubnja bi trebala da se poklapa s odgovarajućom horizontalnom linijom. Ako se ne poklapa, zapamti grešku **nultog položaja (grešku nule*)**.

3. Upotrebijavajući zupčasti točak, približavati krakove stranama tijela koje treba mjeriti, sve dok ga ne dodirnu.

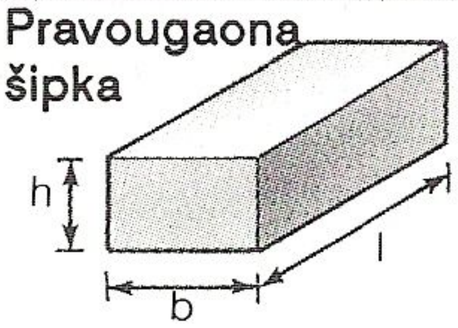
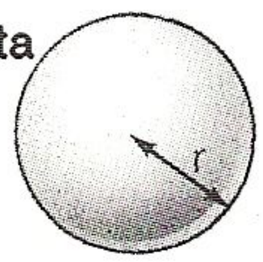
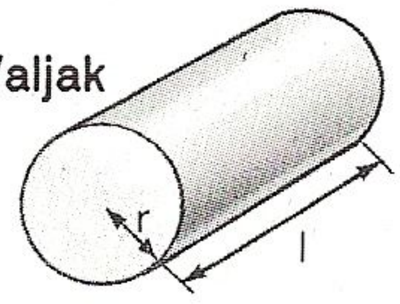
4. Zabilježiti očitanje posljednje vidljive oznake na skali na okviru (u ovom slučaju 6,5 mm).

5. Zabilježiti podjeljak skale na bubnju koji se poklapa s odgovarajućom horizontalnom linijom (u ovom slučaju 0,41 mm).

6. Sabrati oba očitanja i dodati ili oduzeti grešku nule da bi se dobio tačan podatak (6, 91 mm).

Površina i zapremina čvrstog tijela pravilnog oblika izračunavaju se mjerenjem njegovih dimenzija (vidi dolje).

Za čvrsta tijela nepravilnog oblika vidi **eureka posuda**, str. 24.

Čvrsto tijelo pravilnog oblika	Pravougaona šipka	Lopta	Valjak
			
Mjerenja pomoću **mjerila s pomičnim kracima** ili pomoću **mikrometarskog zavrtnja**	h =visina b = širina l = dužina	r = radijus	r = radijus l = dužina
Zapremina V čvrstih tijela izračunava se iz:	$V = lbh$	$V = 4/3\ \pi\ r^3$	$V = \pi r^2 l$
Površina a se izračunava iz:	$a = 2bl + 2hl + 2hb$ Osnova Bočne strane	$a = 4\pi r^2$	$a = 2\pi rl + 2\pi r^2$ Omotač Osnove

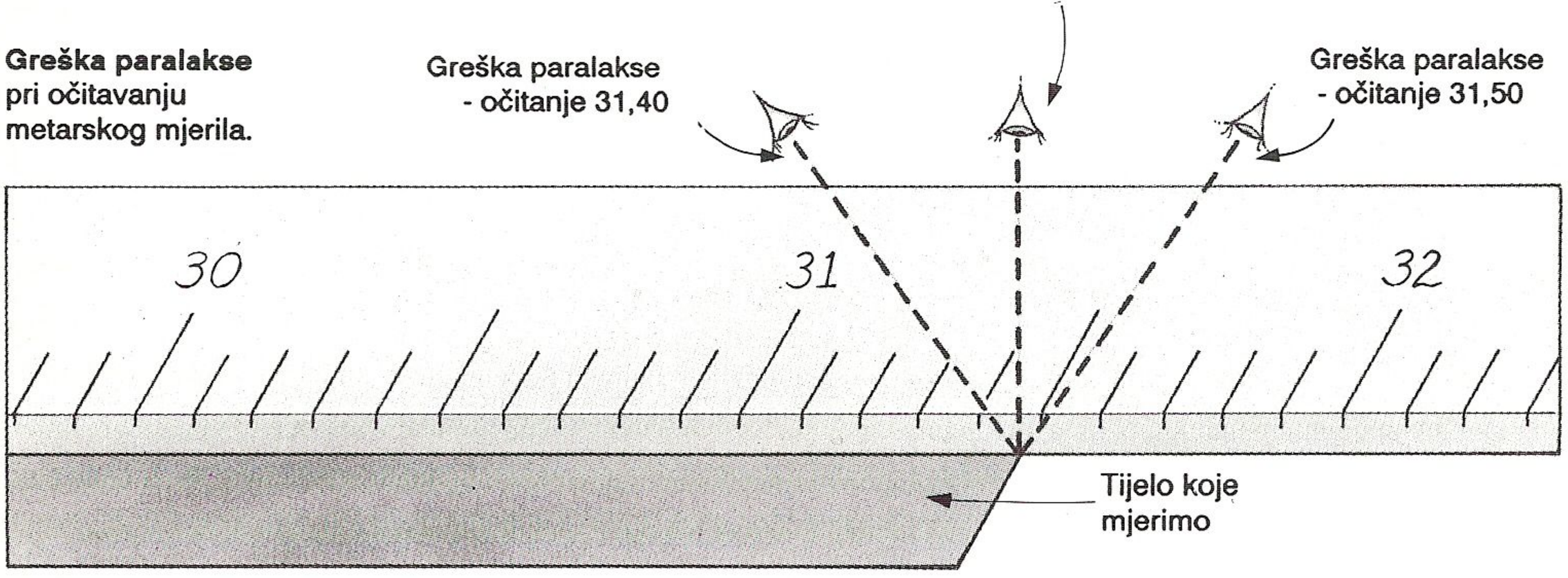
* **Greška nule, 102.**

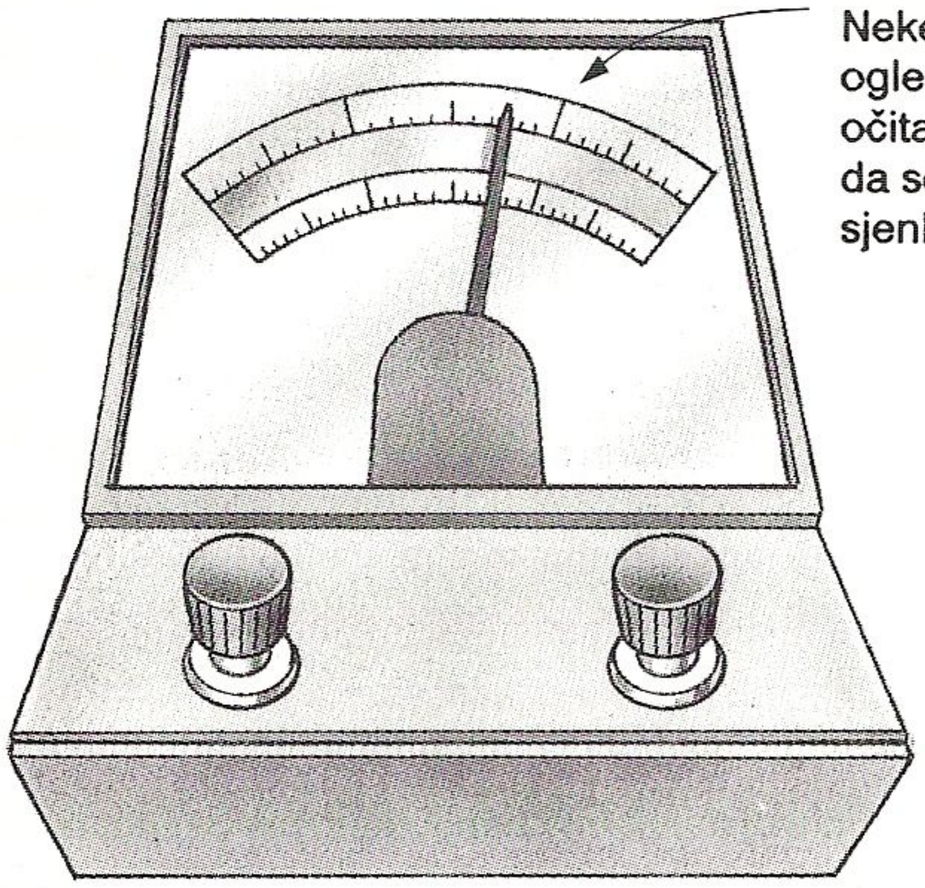
Tačnost mjerenja i greške

U svim eksperimentalnim mjerenjima nastaju greške koje nisu uzrokovane nepažnjom (npr. pogrešno očitavanje sa skale). Najuobičajenije greške su **greške paralakse, greške nule** i **greške očitavanja**. Zato, prilikom utvrđivanja očitanja, treba navesti **značajne cifre** koje daju ocjenu tačnosti očitanih vrijednosti.

- **Greška paralakse.** Greška koja se javlja kada oko nije postavljeno direktno nasuprot skale za vrijeme očitavanja.

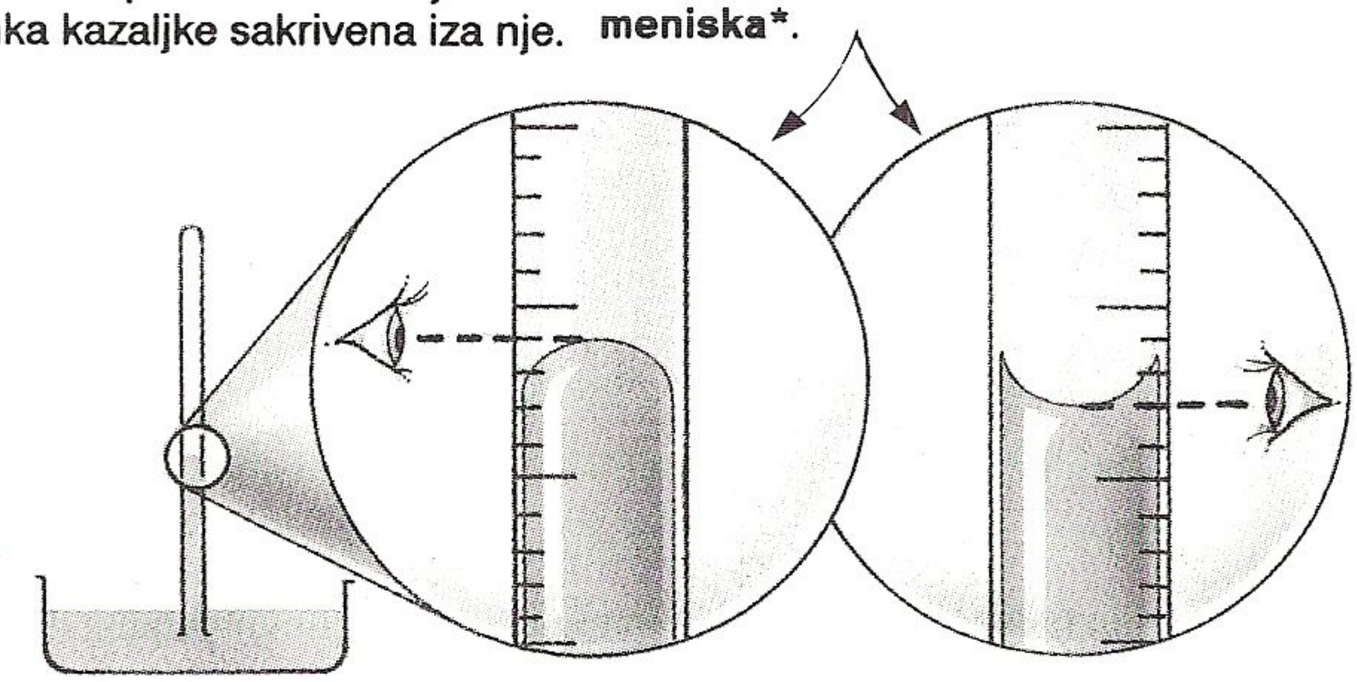
Greška paralakse pri očitavanju metarskog mjerila.





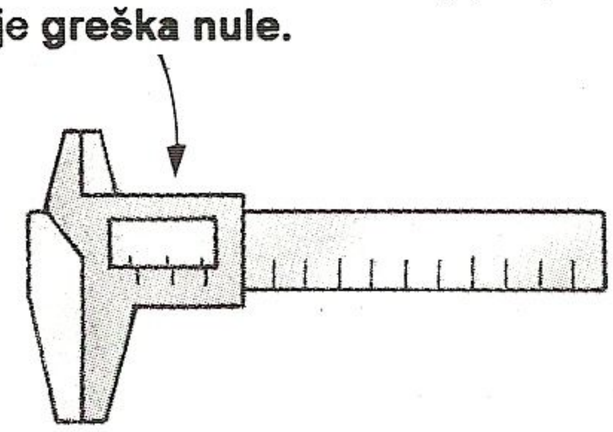
Neke skale sa kazaljkama imaju ogledalo iza kazaljke. Tačno očitavanje se postiže na taj način da se oko postavi tako da je sjenka kazaljke sakrivena iza nje.

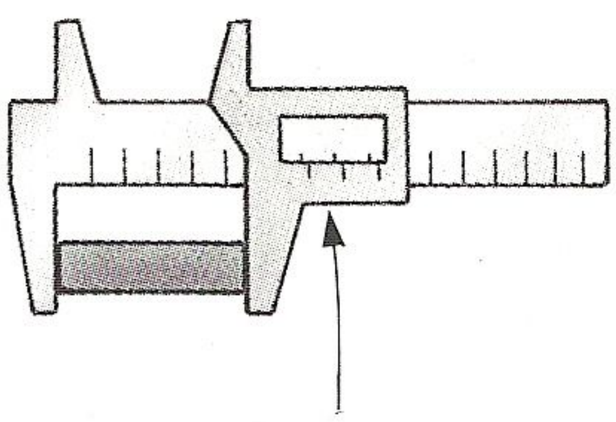
Da bi se izbjegla greška paralakse, očitavanje nivoa tečnosti mora se vršiti tako da je oko u ravni sa dnom **meniska***.



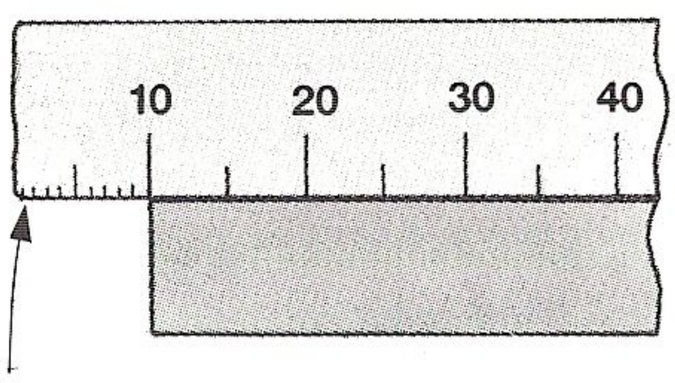
- **Greška nule**. Greška koja se javlja kada mjerni instrument ne pokazuje nulu onda kada bi trebalo. Kada se to desi, instrument ili treba podesiti na nulu ili treba zapamtiti netačno "nulto očitanje" i dodati ga ili oduzeti nekom drugom očitavanju.

Očitavanje na mjerilu sa **pokretnim kracima*** kada su kraci mjerila sklopljeni (tj. trebala bi se očitati nula) je 0,2 mm. To je **greška nule.**





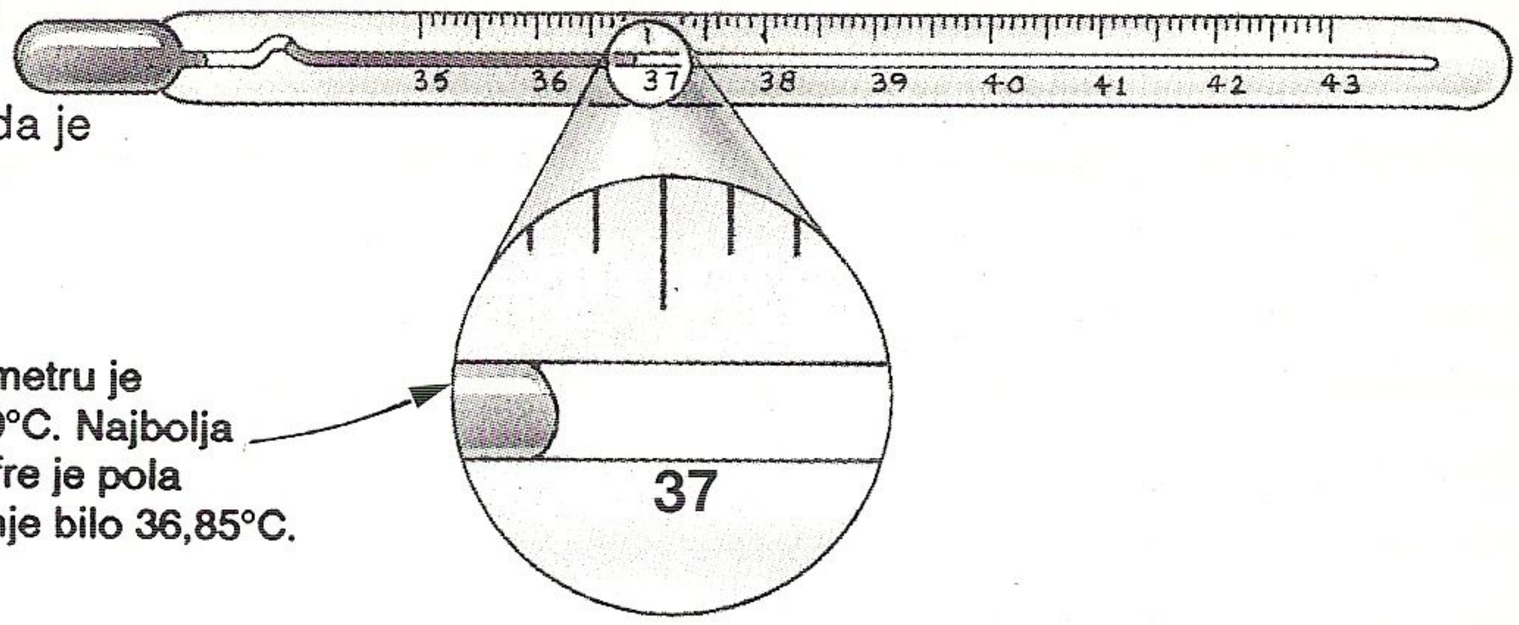
0,2 mm mora se oduzeti od nekog drugog očitanja (u ovom slučaju vidljivo očitanje je 53,9 , ali prava dužina je 53,9-0,2, tj. 53,7 mm).



Greška nule metarskog mjerila može se javiti zbog istrošenog kraja. Mora se otkloniti mjerenjem počevši od linije koja označava 10 mm i oduzimanjem 10 mm od svih očitanja.

* **Menisk**, 115 ; **Mjerilo s pomičnim kracima**, 100.

- **Greška pri očitavanju**. Greška nastala uslijed predviđanja prilikom očitavanja sa skale kada je vrijednost očitanja između podjeljaka na skali.



Očitavanje na termometru je između 36,8 °C i 36,9°C. Najbolja procjena slijedeće cifre je pola podjeljka pa bi očitanje bilo 36,85°C.

Značajne cifre

Broj **značajnih cifara** u nekom rezultatu (očitanju) je broj cifara u njemu ako zanemarimo nule lijevo od prve cifre različite od nule i nule na kraju. Ne uzima se u obzir decimalna tačka. One ukazuju na tačnost očitavanja.

Vrijednost 3 704 mm ima četiri značenja cifre. Može se napisati ovako:

Prva značajna cifra

3 704 mm

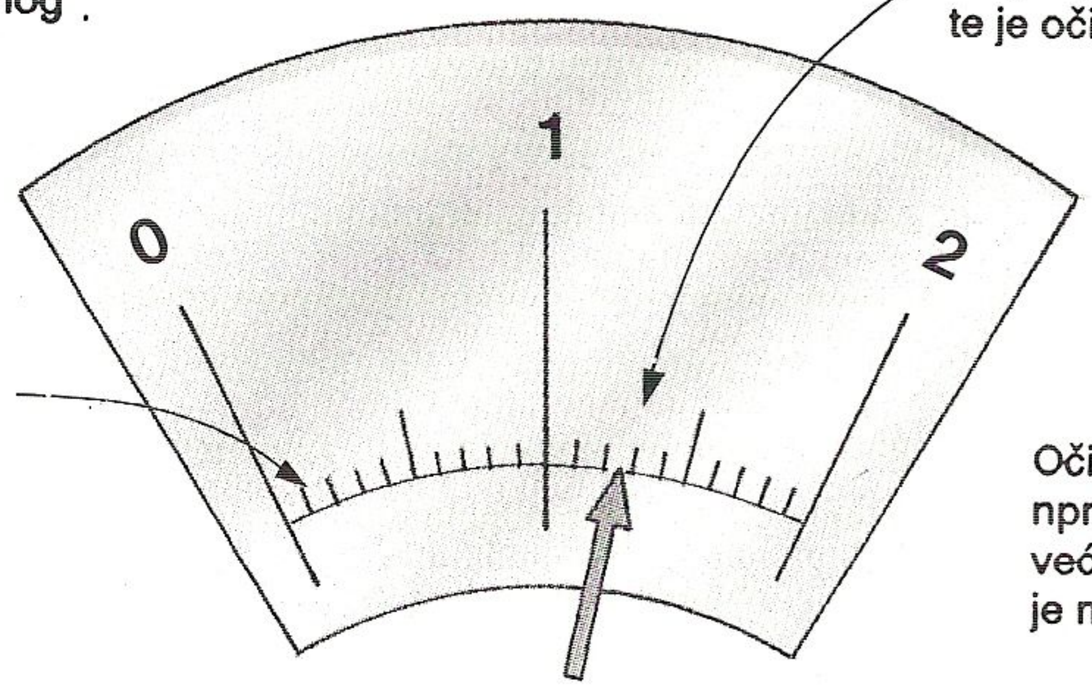
3.704 m

0.003 704 km

Četvrta značajna cifra

Nule ispred broja ovdje nisu značajne cifre, ali pokazuju veličinu očitanja.

Navedeni broj značajnih cifara je indikacija tačnosti očitanog rezultata.



Najbolji pogodak je pola podjeljka, te je očitanje 1,25 A.

Tri značajne cifre pokazuju da je očitanje s tačnošću 0,05A.

Najmanji podjeljak na skali ampermetra = 0,1A

Očitanje sa više cifara, npr. 1,2518A označava veću tačnost od one koja je moguća na ovoj skali.

- **Zaokruživanje**. Postupak reduciranja broja navedenih cifara. Zadnja značajna cifra je ispuštena, a nova posljednja cifra je promijenjena, zavisno od ispuštene cifre.

7,3925	(naznačeno je pet značajnih cifara)
= 7,393	(zaokruženo na 4 značajne cifre)
= 7,39	(zaokruženo na 3 značajne cifre)
= 7,4	(zaokruženo na 2 značajne cifre)
= 7	(zaokruženo na 1 značajnu cifru)
0,08873	(naznačene su 4 značajne cifre)
= 0,0887	(zaokruženo na 3 značajne cifre)
= 0,089	(zaokruženo na 2 značajne cifre)
= 0,09	(zaokruženo na 1 značajnu cifru)

Obratite pažnju da:

29, 000	naznačeno je pet značajnih cifara
= 29,0	(na 3 značajne cifre)
= 29	(na 2 značajne cifre)
= 30	(na 1 značajnu cifru)

U posljednjem slučaju ovdje 0 nije značajna cifra, ali se mora uključiti (vidi dolje).

Za velike brojeve poput 283 000 nemoguće je reći koliko cifara je značajno (prve tri moraju biti), jer nule moraju biti uključene da pokažu vrijednost rezultata. Ova dvosmislenost se uklanja označavanjem sa potencijom broja 10 (vidi str. 109).

Polja i sile

Na predočenoj tabeli su upoređene tri sile na koje obično nailazimo u fizici (isključujući **nuklearnu silu**). U stvari, većina sila koje susrećemo u fizici, npr. **kontaktna sila** između dva tijela, su primjeri elektromagnetne sile koja predstavlja kombinaciju **magnetne** i **električne sile**. Više o njima i o drugim silama na str. 6-7.

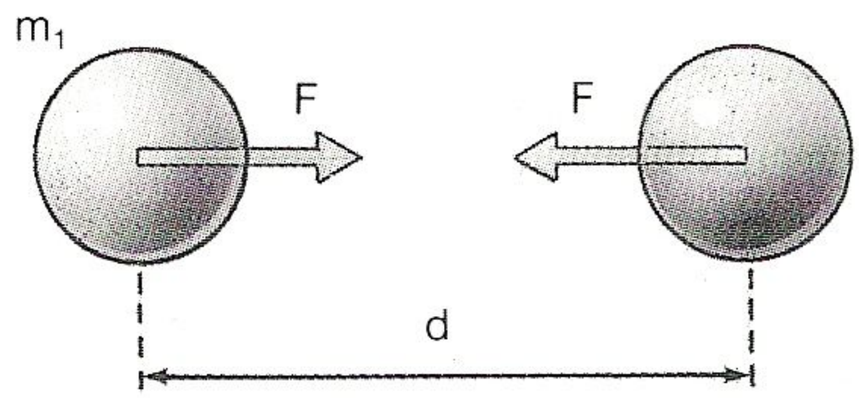
Vrste sila. Ne zaboravite da sila može postojati samo između dvije mase, naboja ili električne struje i da ista vrijednost sila djeluje na oba od njih (vidi i **Treći Njutnov zakon**, str. 13). Također, sile djeluju samo među istim objektima, npr. postoji sila između dvije mase, ali ne i između mase i električne struje.

Opis sile pomoću polja sile. Polje sile je oblast oko tijela (masa, naboj ili električna struja), u kojoj njihovi efekti (gravitacioni, električni ili magnetni) mogu da se otkriju - vidi i str. 6.

Pravac polja. Određuje se posmatranjem efekta polja sile na neki objekt (masu, naboj ili električnu struju) kada se nalazi u polju.

Gravitaciona sila (vidi i str. 6 i 18.)

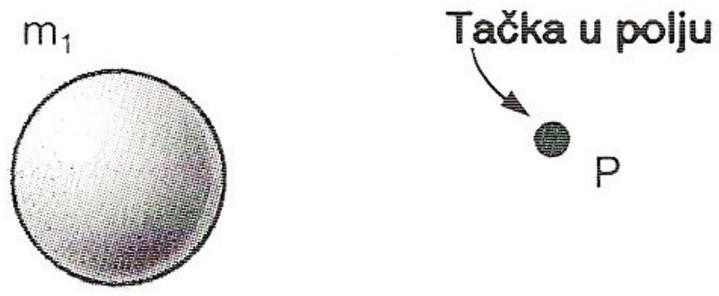
Sila djeluje između dva tijela date mase. Uvijek je privlačna.



$$F = G\frac{m_1 m}{d^2}$$

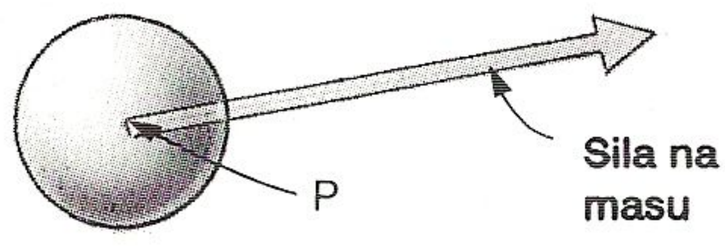
$G = 6.7 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$

G je gravitaciona konstanta*. Njena mala vrijednost znači da je gravitacionu silu moguće primijetiti samo kada je jedno od tijela veoma veliko (npr. planeta).



Masa m_1 stvara **gravitaciono polje** u prostoru oko sebe (vidi **intenzitet polja**, str. 106). Druga masa trpi gravitacionu silu kada je stavljena u bilo koju tačku (npr. P) u gravitacionom polju mase m_1. Tako masa stvara gravitaciono polje i izložena je djejstvu gravitacionog polja.

Masa

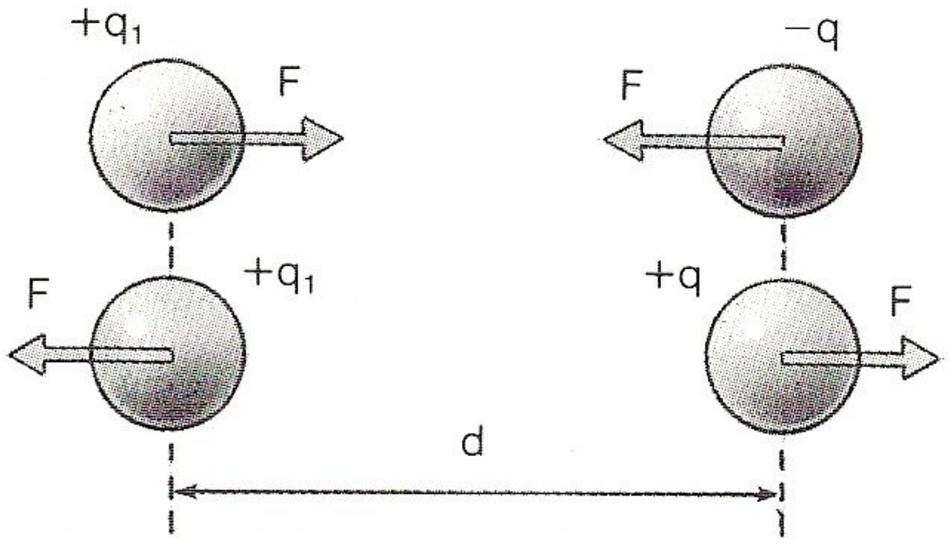


Pravac gravitacionog polja u tački P je pravac sile na masu postavljenu u P.

* **Gravitaciona konstanta**, 18 (Njutnov zakon gravitacije).

Električna sila (vidi i str. 6 i 58)

Sila između dva naboja. Privlačna je ako su naboji suprotnog znaka, tj. ako je jedan negativan, a drugi pozitivan, a odbojna ako su naboji istog znaka.

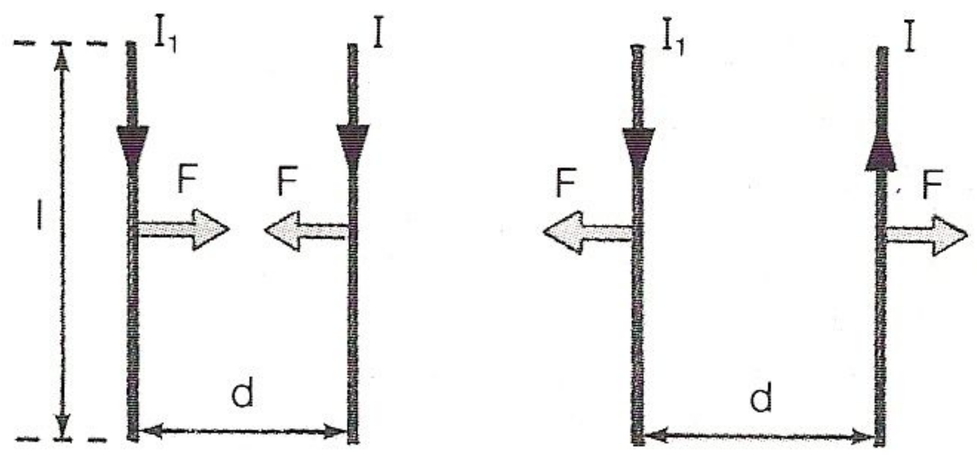


$$F = K_E \frac{q_1 q}{d^2}$$

U vazduhu $K_E = 9 \cdot 10^9\ Nm^2C^{-2}$
Ova veoma velika vrijednost znači da je teško odvojiti suprotne naboje.

Magnetna sila (vidi i str. 6 i 70)

Sila između dva provodnika kroz koje teče struja. Ako električne struje teku u istom smjeru, sila je privlačna, a ako teku u suprotnim smjerovima sila je odbojna.



$$F = K_B \frac{I_1 I l}{d}$$

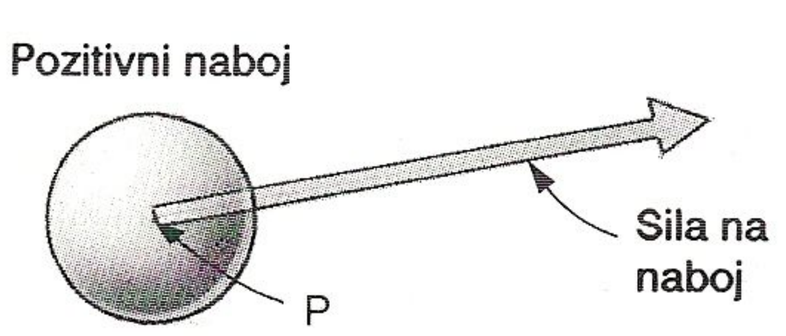
U vazduhu $K_B = 2{,}7 \cdot 10^{-7}\ NA^{-2}$
Ova veoma mala vrijednost pokazuje da je magnetna sila veoma mala u poređenju s električnom.



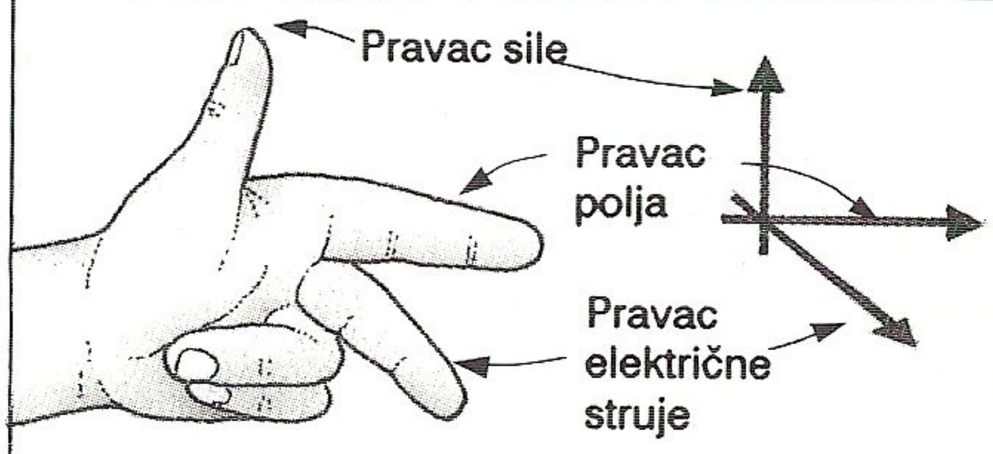
Naboj stvara **električno polje*** u prostoru oko sebe (vidi **intenzitet polja**, str. 106). Drugi naboj trpi električnu silu kada je stavljeno u bilo koju tačku (npr. P) u električnom polju naboja. Tako naboj proizvodi električno polje i podvrgnut je djejstvu električnog polja.



Električna struja I_1 stvara **magnetno polje*** u prostoru oko sebe (vidi **intenzitet polja** str. 106). Druga struja trpi magnetsku silu kada se nalazi u bilo kojoj tački P u magnetnom polju struje I_1. Tako električna struja stvara magnetno polje i izložena je djejstvu magnetnog polja.



Pravac jačine električnog polja u tački P je pravac sile na pozitivni naboj stavljen u P.



Pravac magnetnog polja u tački P se određuje **Flemingovim pravilom lijeve ruke***.

* **Električno polje**, 58; **Flemingovo pravilo lijeve ruke**, 76; **Magnetno polje**, 72.

Polja i sile (nastavak)

Jačina polja. Određuje se mjerenjem efekta polja sile na objekat (masa, naboj ili električna struja) stavljen u polje.

Predočavanje polja silnicama. Linije polja (ili **fluks linija ili silnice**) se primjenjuju u svim slučajevima da predstave jačinu i pravac polja i učine ih vidljivim (vidi sliku dolje). Silnice se nikada ne sijeku (ukrštaju), jer bi polje tada imalo različite pravce u jednoj tački.

Potencijalna energija (vidi i str. 8). Zavisi od **jačine polja** i objekta (njegove mase u **gravitacionom polju** ili njegovog naboja u **električnom polju***). **Potencijal*** u nekoj tački u polju je energija po jedinici (mase ili naboja) i zavisi samo od polja. Obično je jedino važna razlika potencijala ili **potencijalna razlika*** između dvije tačke. Potencijal se može definisati odabiranjem referentne tačke. Onda je potencijal u nekoj tački potencijalna razlika između potencijala te tačke i referentne tačke.

Gravitaciona sila

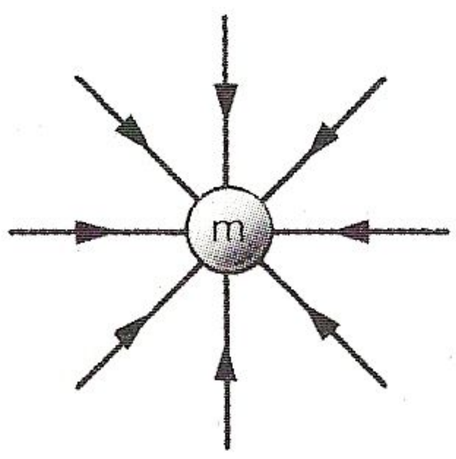
Da bismo izmjerili jačinu gravitacionog polja g, uzrokovanog masom m_1 u tački P, probna masa m se stavlja u tačku P i mjeri se gravitaciona sila F koja na nju djeluje. Tada je:

$$F = \frac{\text{gravitaciona sila (F)}}{\text{masa (m)}} \quad \text{ili:} \quad F = mg$$

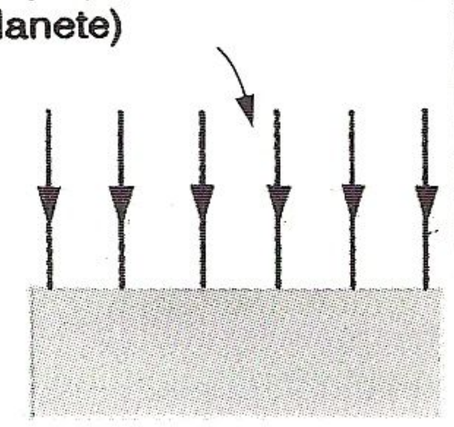
Upoređivanjem sa gornjom jednačinom za gravitacionu silu, jačina polja g mase m_1 na udaljenosti d je:

$$g = G\frac{m_1}{d^2}$$

Linije gravitacionog polja uvijek se završavaju u masi



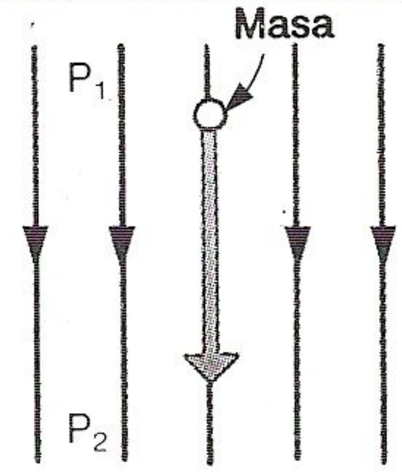
Homogeno gravitaciono polje (npr. blizu površine planete)



Razlika potencijala između dvije tačke u gravitacionom polju je jednaka radu izvršenom protiv sila polja pri kretanju jedinice mase između tih tačaka.

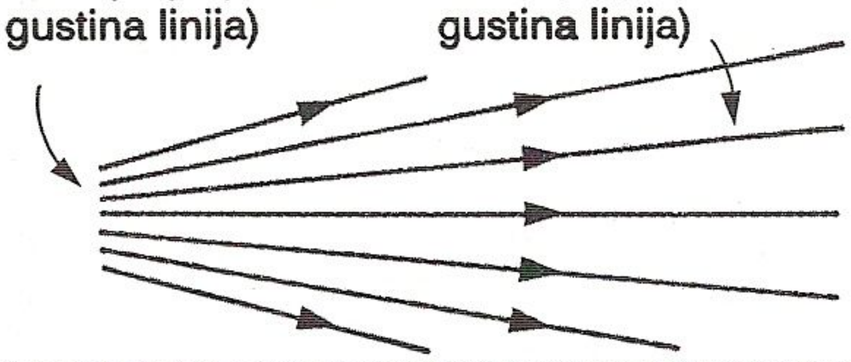
$$\text{Razlika gravitacionog potencijala} = \frac{\text{izvršeni rad}}{\text{masa}}$$

Gravitacioni potencijal opada kako se tačka kreće duž linije polja (u pravcu strelice). Gravitacioni potencijal je veći u tački P_1 nego u P_2.

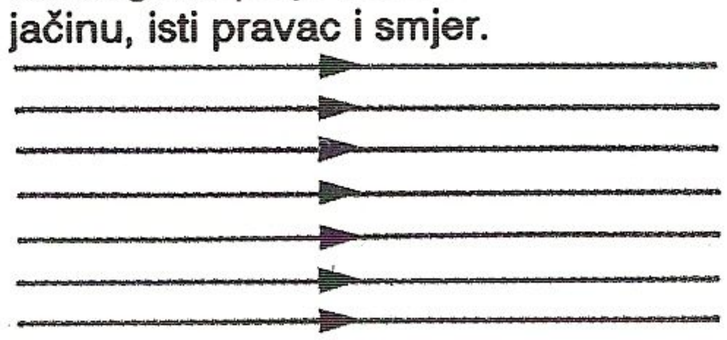


Jako polje (velika gustina linija)

Slabo polje (mala gustina linija)



Homogeno polje ima konstantnu jačinu, isti pravac i smjer.



*Električno polje, Potencijal, Potencijalna razlika, 58.

Električna sila

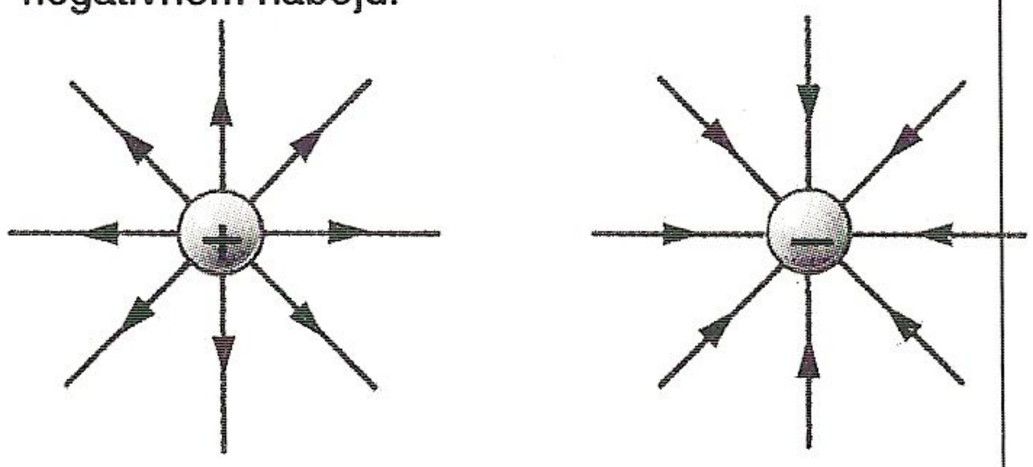
Da bismo izmjerili jačinu električnog polja E (uzrokovanog nabojem q_1) u tački P, probni pozitivni naboj q se stavlja u tačku P i mjeri električna sila F koja djeluje na njega. Onda je:

$$E = \frac{\text{električna sila (F)}}{\text{naboj (q)}} \quad \text{ili:} \quad F = qE$$

Poređenjem sa gornjom jednačinom za električnu silu, jačina polja E naboja q_1 na udaljenosti d je:

$$E = K_E \frac{q_1}{d^2}$$

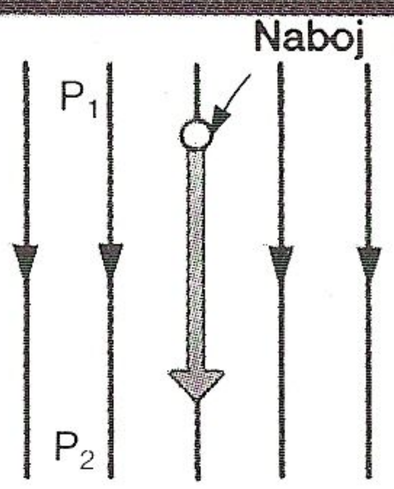
Linije električnog polja uvijek počinju na pozitivnom naboju, a završavaju na jednakom negativnom naboju.



Razlika električnog potencijala između dvije tačke u električnom polju je jednaka radu izvršenom protiv sila polja pri kretanju pozitivnog jediničnog naboja između njih.

$$\text{Razlika električnog potencijala} = \frac{\text{izvršeni rad}}{\text{naboj}}$$

Električni potencijal opada ako se tačka kreće duž linije polja u smjeru polja (u smjeru strelice). Električni potencijal je veći u tački P_1 nego u tački P_2.



Magnetna sila

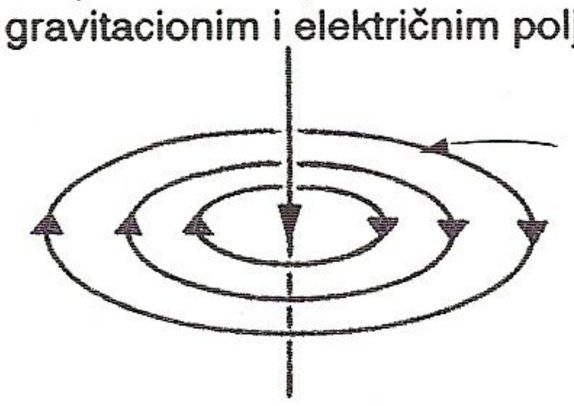
Radi mjerenja intenziteta vektora B (vektor magnetne indukcije) uzrokovanog strujom I_1 u tački P, provodnik dužine l kroz koji teče električna struja I stavljen je u tačku P i mjeri se magnetna sila F. Onda je:

$$F = \frac{\text{magnetna sila(F)}}{\text{Struja (I)} \cdot \text{dužina(l)}} \quad \text{ili:} \quad F = BIl$$

Poređenjem sa gornjom jednačinom za magnetnu silu, intenzitet magnetne indukcije B koju stvara električna struja I_1 je:

$$B = K_B \frac{I_1}{d}$$

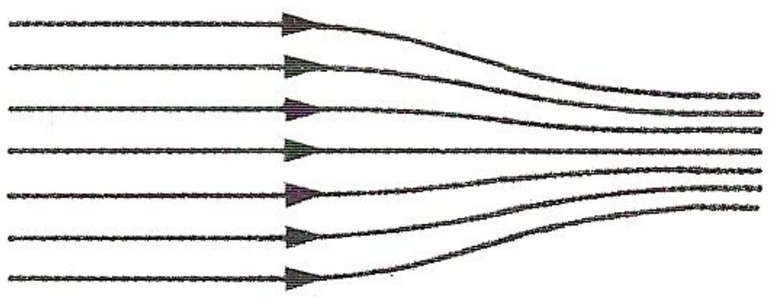
Linije magnetnog polja* nemaju ni početak ni kraj, nego su uvijek zatvorene petlje. To je zato što ne mogu postojati sami za sebe sjeverni ili južni pol. U tome je osnovna razlika u poređenju s gravitacionim i električnim poljem.

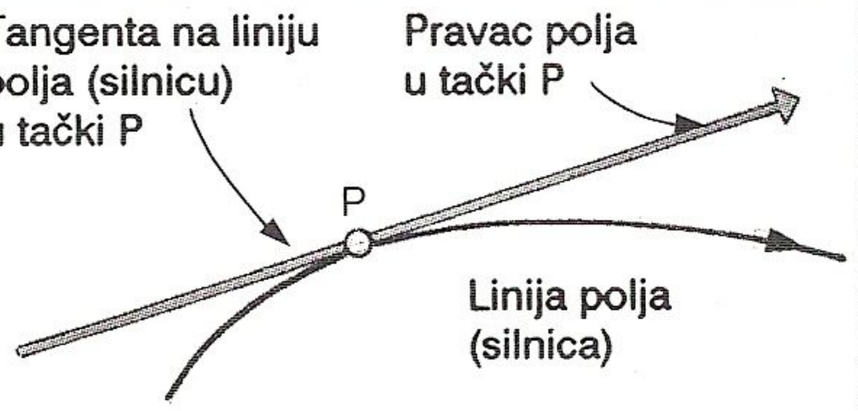


Kružne linije magnetnog polja oko pravolinijskog provodnika sa strujom.

Potencijal magnetnog polja je mnogo teže definisati nego potencijal za gravitaciono ili električno polje, jer su linije polja zatvorene. Ako se tačka kreće po kružnoj liniji prema gornjem crtežu, vratiće se u istu tačku koja mora imati isti potencijal iako se kretala duž linije polja (siļnice). To znači da je komplikovano izračunati magnetni potencijal.

Nehomogeno polje



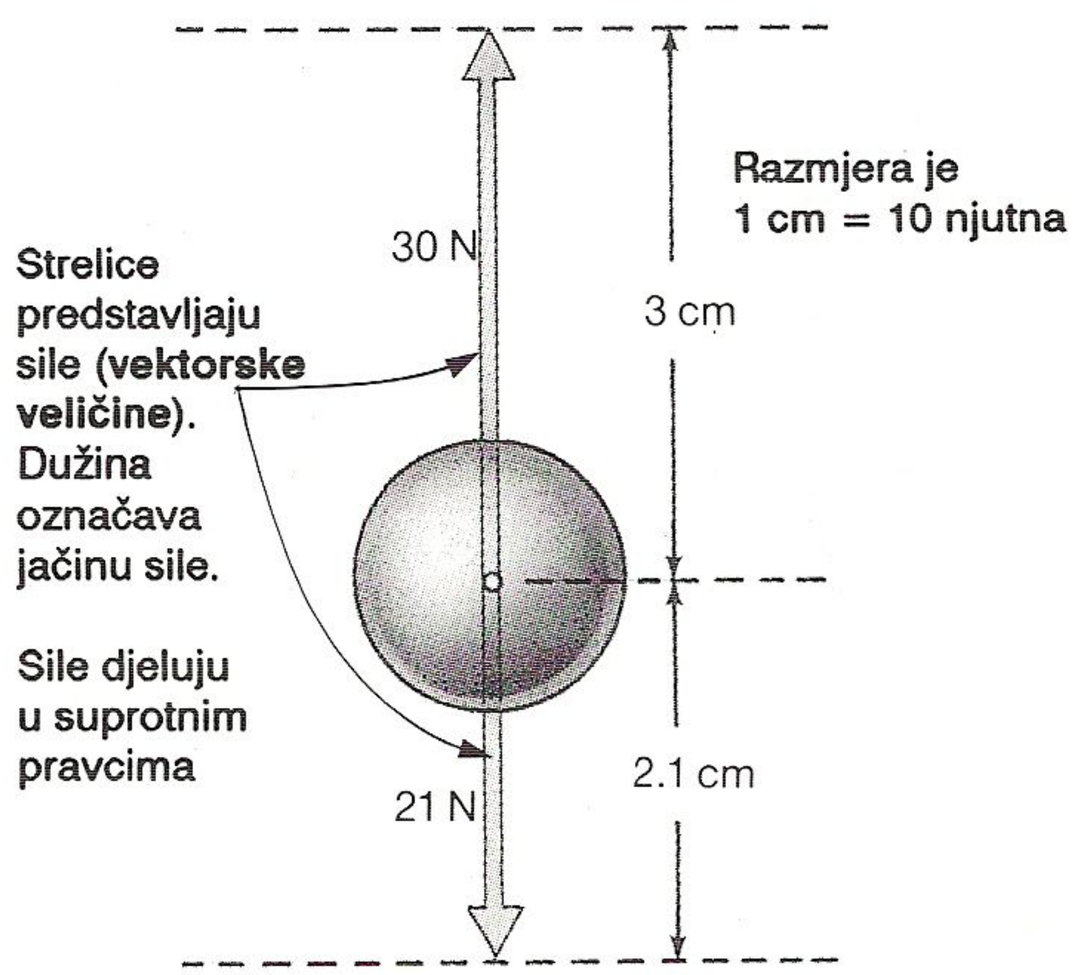


*Magnetske silnice (linije magnetnog polja), 72.

Vektori i skalari

Sve veličine u fizici su ili **skalari** ili **vektori**, u zavisnosti od toga da li veličina ima pravac i brojnu vrijednost ili samo brojnu vrijednost.

- **Skalarna veličina**. Bilo koja veličina koja je određena samo brojnom vrijednošću, na primjer, masa, vrijeme, energija, gustoća.
- **Vektorska veličina**. Bilo koja veličina koja je određena brojnom vrijednošću i pravcem, npr. sila, pomak, brzina i ubrzanje. Kada određujemo vektorsku veličinu, moraju se na neki način označiti pravac i smjer kao i brojna vrijednost. Obično se veličina grafički predstavlja strelicom. Dužina linije označava brojnu vrijednost (u nekoj odabranoj skali), a pravac strelice određuje pravac i smjer veličine.
- **Pravilo paralelograma**. Primjenjuje se kada se sabiru dvije **vektorske veličine**. Dva vektora se nacrtaju iz jedne tačke. Oni formiraju dvije stranice paralelograma koji se zatim dovrši. Dijagonala povučena iz početne, zajedničke tačke označava zbir dva vektora (**rezultanta**).

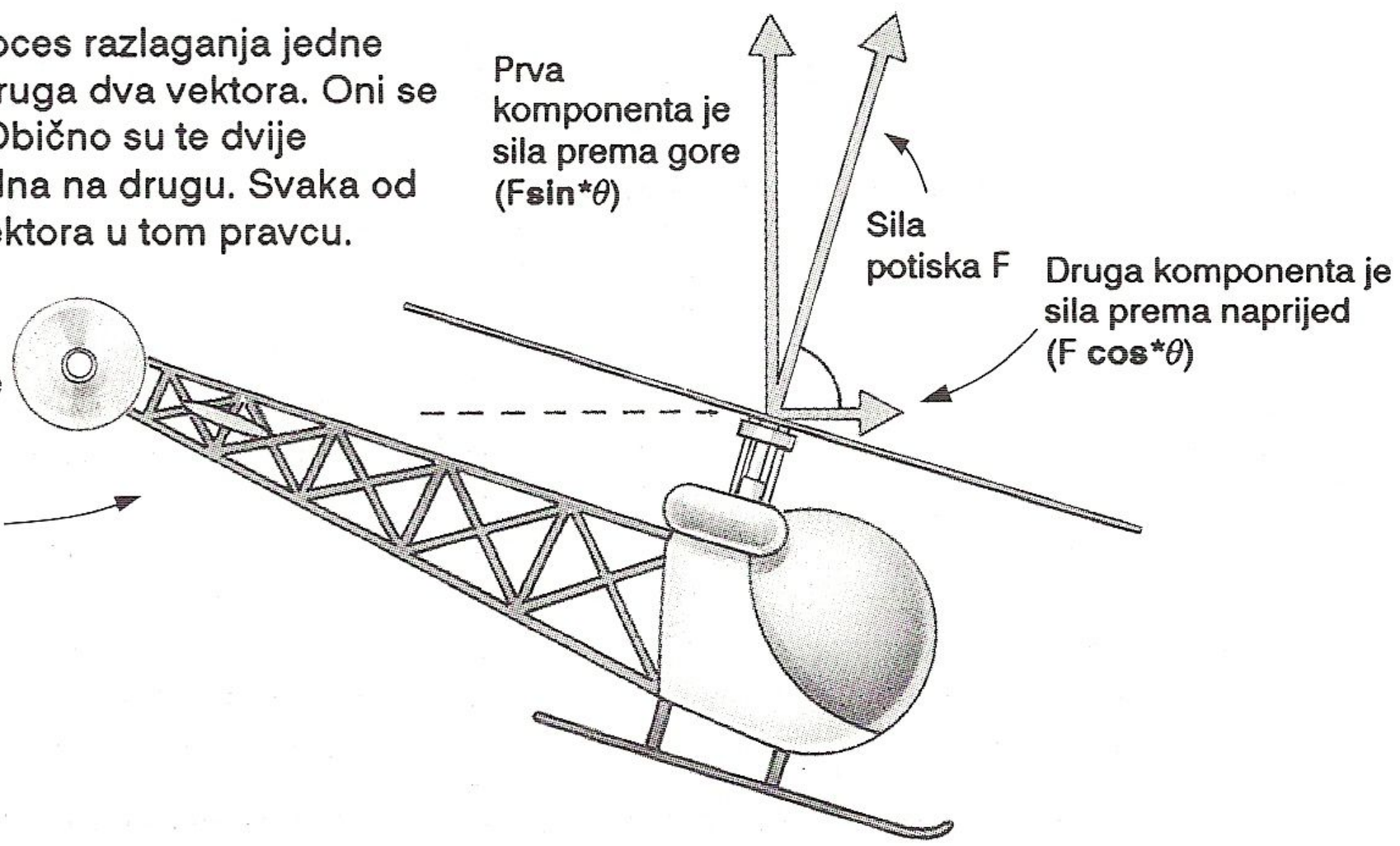


Pravilo paralelograma

se primjenjuje u pomorskoj plovidbi. Moraju se uzeti u obzir pravac i brzina plime i oseke kao druga **vektorska veličina** i treba je dodati pravcu i brzini broda.

- **Razlaganje vektora**. Proces razlaganja jedne **vektorske veličine** na druga dva vektora. Oni se nazivaju **komponente**. Obično su te dvije komponente okomite jedna na drugu. Svaka od njih pokazuje djejstvo vektora u tom pravcu.

Uzgon (**vektorska veličina**) helikoptera može se **razložiti** na dvije **komponente**. Prva djeluje prema gore da bi zadržala helikopter u vazduhu, a druga djeluje prema naprijed da pokreće helikopter naprijed.



*cos θ, sin θ, 115.

Brojevi

Veoma veliki ili veoma mali broj (npr. 10 000 000 ili 0,000 001) su nepodesni za pisanje i čitanje. Zato se koristi **označavanje** preko potencija broja deset (**eksponent - označavanje**). Pri tom označavanju položaj decimalne tačke se označava pisanjem "deset na ... " .

1 000 000	=	10^6	ili "deset na šestu"
100 000	=	10^5	ili "deset na petu"
10 000	=	10^4	ili "deset na četvrtu"
1 000	=	10^3	ili "deset na treću"
100	=	10^2	ili "deset na drugu"
10	=	10^1	ili "deset na prvu"
1	=	10^0	broj "na nultu" jednak je jedinici
0.1	=	10^{-1}	ili "deset na minus prvu"
0.01	=	10^{-2}	ili "deset na minus drugu"
0.001	=	10^{-3}	ili "deset na minus treću"
0.000 1	=	10^{-4}	ili "deset na minus četvrtu"
0.000 01	=	10^{-5}	ili "deset na minus petu"
0.000 001	=	10^{-6}	ili "deset na minus šestu"

Negativni stepen znači "jedan kroz", tako da je $10^{-3} = 1/10^3 = 1/1000$. To se odnosi i na jedinice, npr. kgm^{-3} znači kg/m^3 ili kg po m^3.
Eksponenti se sabiru kada se brojevi množe, npr. $10^5 \cdot 10^{-3}$ (= 100 000 · 1/1000) = $10^{5-3} = 10^2 = 100$.

- **Standardni način**. Način izražavanja brojeva u kojima broj uvijek ima jednu cifru prije decimalne tačke iza koje slijedi potencija broja 10, čiji eksponent pokazuje njihovu veličinu (vidi i **značajni brojevi** str. 103).

Primjeri brojeva pisanih na **standardni način**:

56342	$5.6342 \cdot 10^4$
4000	$4 \cdot 10^3$ (uzimajući da nule nisu značajne)
23.3	$2.33 \cdot 10^1$
0.98	$9.8 \cdot 10^{-1}$
0.00211	$2.11 \cdot 10^{-3}$

- **Red veličine**. Vrijednost koja je tačna unutar faktora deset. Važno je znati red veličine nekih fizičkih veličina, tako da se može procijeniti izračunata cifra. Npr. masa neke osobe je oko 60 kg. Zato izračunati rezultat od 50 ili 70 kg je sasvim prihvatljiv, ali rezultat 6 ili 600 kg očito nije tačan.

Tipični redovi veličine

Objekat	Masa / kg
Zemlja	$5 \cdot 10^{24}$
Kola	$5 \cdot 10^3$
Čovjek	$5 \cdot 10^1$
Vreća šećera	1
Naranča	$2 \cdot 10^{-1}$
Golf - loptica	$5 \cdot 10^{-2}$
Loptica za stoni tenis	$2 \cdot 10^{-3}$
Proton	$2 \cdot 10^{-27}$
Elektron	10^{-30}

Objekat	Dužina / m
Radijus galaksije	10^{19}
Radijus solarnog sistema	10^{11}
Radijus Zemlje	$5 \cdot 10^6$
Visina Mont Everesta	10^4
Visina čovjeka	2
Debljina papira	10^{-4}
Talasna dužina svjetlosti	$5 \cdot 10^{-7}$
Radijus atoma	10^{-10}
Radijus jezgra	10^{-14}

Objekat	Vrijeme / s
Starost Zemlje	$2 \cdot 10^{17}$
Vrijeme od pojave čovjeka	10^{13}
Ljudski vijek	$2 \cdot 10^9$
Godina	$3 \cdot 10^7$
Dan	$9 \cdot 10^4$
Vrijeme između otkucaja srca	1
Brzina blende kamere	10^{-2}
Vrijeme poluraspada polonijuma-214	$1.5 \cdot 10^{-4}$
Vrijeme putovanja svjetlosti za 1m	$3 \cdot 10^{-9}$

Objekat	Energija / J
Energija koju izrači Sunce u sekundi	10^{26}
Energija zemljotresa u San Franciscu (1906)	$3 \cdot 10^{17}$
Energija koju oslobađa fisija 1g urana	10^{11}
Energija pražnjenja munje	10^9
Energija 1kW vatre za sat	$4 \cdot 10^6$
Kinetička energija golf - loptice	20

Oznake strujnog kola

Ova tabela pokazuje glavne oznake koje se primjenjuju da predstave razne komponente upotrijebljene u električnim strujnim kolima (vidi i str. 60-65).

Žica

Ukrštena žica

Spojene žice

Uzemljenje

Polovi

Prekidač

Ćelija

Baterija

Izvor naizmjenične struje

Otpornik

ili

Kondenzator

Elektrolitički kondenzator

Promjenljivi kondenzator

Promjenljivi otpornik

Potenciometar

Dioda

Dioda koja emituje svjetlost (LED)

Sijalica

Fotootpornik

Osigurač

Galvanometar

Ampermetar

A

Kalem bez jezgra

Kalem sa jezgrom

Transformator

Miliampermetar

mA

Voltmetar

V

Relej

Zvučnik

Mikrofon

"npn" tranzistor

Tranzistor sa efektom polja

"pnp" tranzistor

Pojačalo

Invertor (NOT kolo)

OR kolo

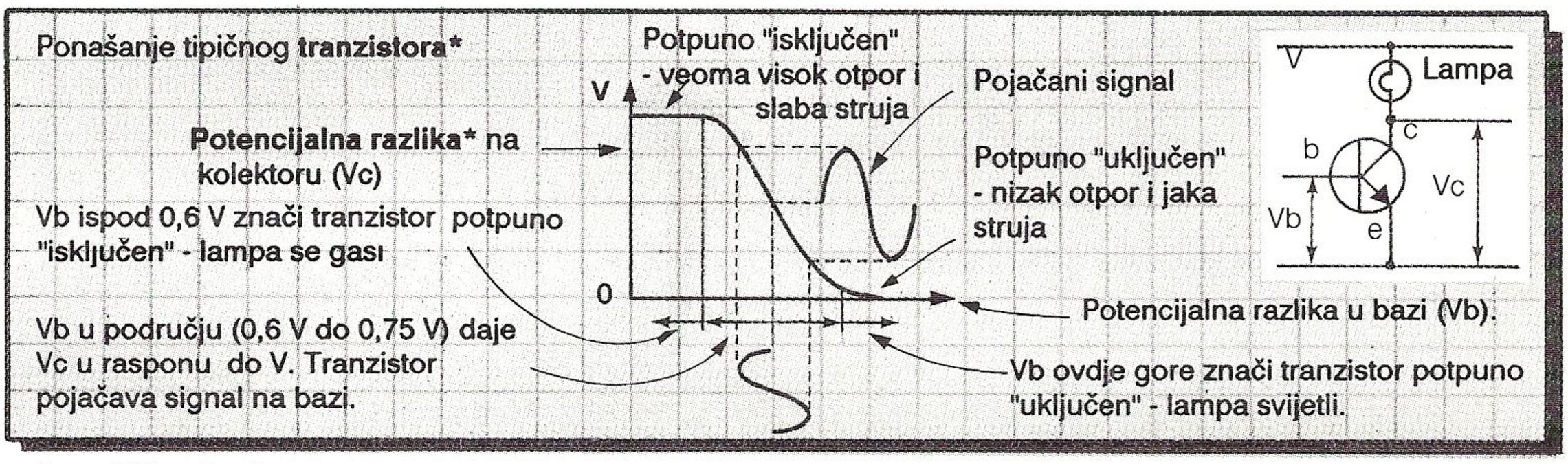
NOR kolo

AND kolo

NAND kolo

Tranzistori i kola (gejt)

Tranzistori* se mogu koristiti da pojačaju električne signale, kao npr. iz mikrofona, a upotrebljavaju se i kao elektronski prekidači. To je uslovilo i njihovu upotrebu u kompleksnim strujnim kolima kao što su računari. Zamijenili su mnogo veće i sporije cijevi i **releje***.



Logička kola

Uključeno i isključeno stanje tranzistora se koristi za označavanje brojeva 0 i 1. Zato je strujno kolo poznato kao **digitalno** (ostala strujna kola su **analogna**).

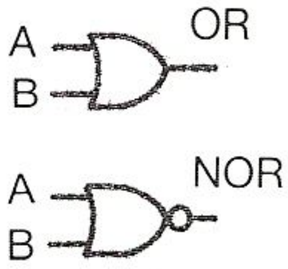
Kombinacije tranzistora sa drugim komponentama se koriste za tvorbu strujnih kola koja vrše logičke operacije.

Tabele istinitosti za osnovne logičke operacije

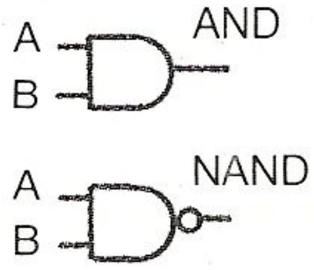
In	NOT
0	1
1	0



A	B	OR	NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0



A	B	AND	NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0



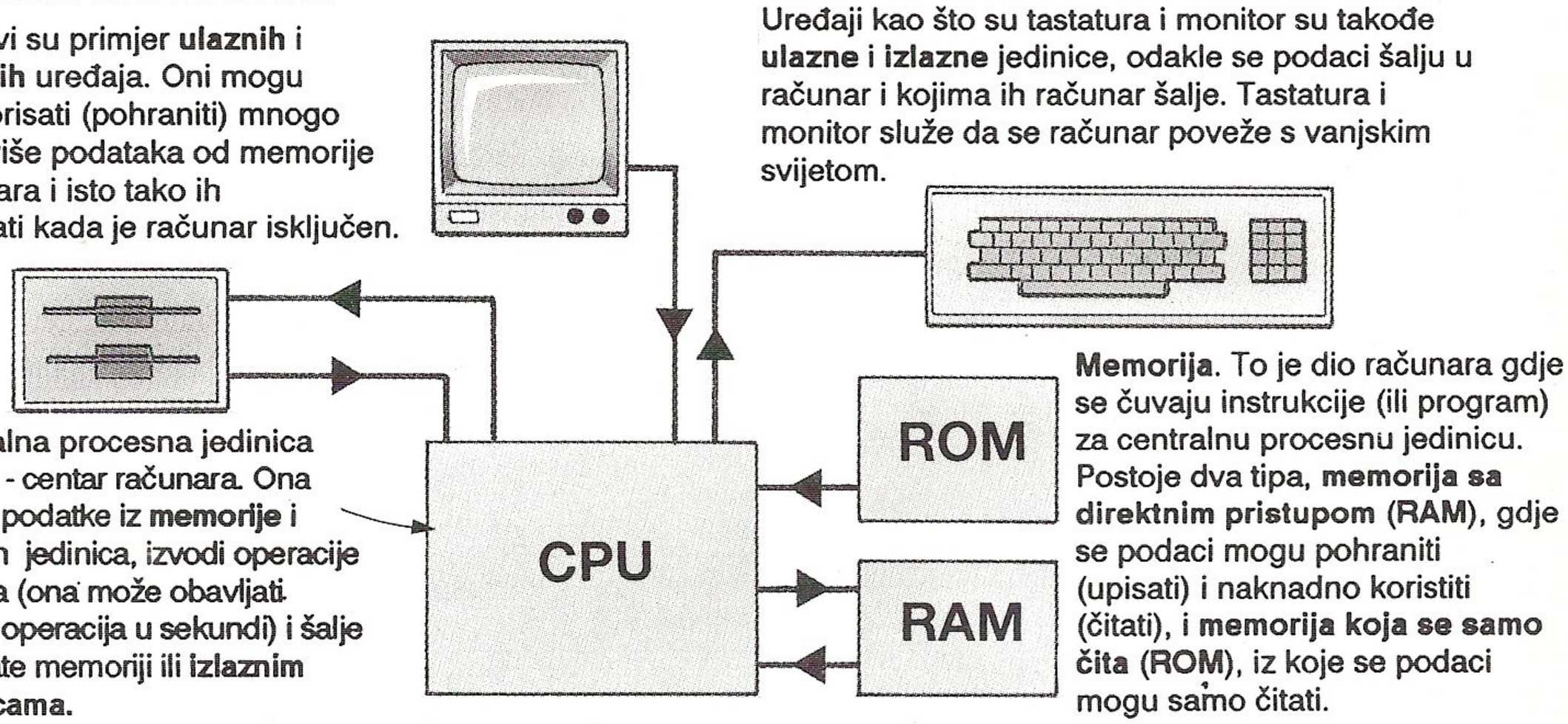
Kombinacije ovih kola i drugih tranzistorskih kola se koriste za tvorbu komplikovanijih strujnih kola, koja mogu izvoditi matematičke operacije, npr. sabiranje. Ona se zovu **integrisana kola** i mogu sadržavati nekoliko hiljada ovakvih komponenata i spojeva, a staju u mali komadić silikona.

Računari

Integrisano kolo označava da nekoliko hiljada logičkih kola može biti stavljeno u običnu tanku komponentu nazvanu mikročip. CPU računara (vidi dolje) može biti postavljena u čip.

Tipični računarski sistem

Diskovi su primjer **ulaznih** i **izlaznih** uređaja. Oni mogu memorisati (pohraniti) mnogo puta više podataka od memorije računara i isto tako ih zadržati kada je računar isključen.



Uređaji kao što su tastatura i monitor su također **ulazne** i **izlazne** jedinice, odakle se podaci šalju u računar i kojima ih računar šalje. Tastatura i monitor služe da se računar poveže s vanjskim svijetom.

Centralna procesna jedinica (CPU) - centar računara. Ona uzima podatke iz **memorije** i ulaznih jedinica, izvodi operacije s njima (ona može obavljati milion operacija u sekundi) i šalje rezultate memoriji ili **izlaznim jedinicama.**

Memorija. To je dio računara gdje se čuvaju instrukcije (ili program) za centralnu procesnu jedinicu. Postoje dva tipa, **memorija sa direktnim pristupom (RAM)**, gdje se podaci mogu pohraniti (upisati) i naknadno koristiti (čitati), i **memorija koja se samo čita (ROM)**, iz koje se podaci mogu samo čitati.

* **Potencijalna razlika**, 58; **Relej**, 75; **Tranzistor**, 65.

Element	Simbol	Atomski broj	Relativna atomska masa*
Aktinijum	Ac	89	227
Aluminijum	Al	13	27
Americijum	Am	95	243
Antimon	Sb	51	122
Argon	Ar	18	40
Arsen	As	33	75
Astat	At	85	210
Barijum	Ba	56	137
Berilijum	Be	4	9
Bizmut	Bi	83	209
Bor	B	5	11
Brom	Br	35	80
Kadmijum	Cd	48	112
Cezijum	Cs	55	133
Kalcijum	Ca	20	40
Karbon (ugljik)	C	6	12
Cerijum	Ce	58	140
Hlor	Cl	17	35.5
Hrom	Cr	24	52
Kobalt	Co	27	59
Bakar	Cu	29	64
Disprozijum	Dy	66	162
Erbijum	Er	68	167
Europijum	Eu	63	152
Fluor	F	9	19
Francijum	Fr	87	223
Gadolinijum	Gd	64	157
Galijum	Ga	31	70
Germanijum	Ge	32	73
Zlato	Au	79	197
Hafnijum	Hf	72	178.5
Helijum	He	2	4

*** Relativna atomska masa**, 83.

Element	Simbol	Atomski broj	Relativna atomska masa*
Holmijum	Ho	67	165
Hidrogen (vodonik)	H	1	1
Indijum	In	49	115
Jod	I	53	127
Iridijum	Ir	77	192
Željezo, gvožđe	Fe	26	56
Kripton	Kr	36	84
Lantan	La	57	139
Olovo	Pb	82	207
Litijum	Li	3	7
Lutecijum	Lu	71	175
Magnezijum	Mg	12	24
Mangan	Mn	25	55
Živa	Hg	80	201
Molibden	Mo	42	96
Neodijum	Nd	60	144
Neon	Ne	10	20
Neptunijum	Np	93	237
Nikl	Ni	28	59
Niobijum	Nb	41	93
Nitrogen, azot	N	7	14
Osmijum	Os	76	190
Oksigen (kiseonik)	O	8	16
Paladijum	Pd	46	106
Fosfor	P	15	31
Platina	Pt	78	195
Plutonijum	Pu	94	242
Polonijum	Po	84	210
Kalijum	K	19	39
Prazeodijum	Pr	59	141
Prometijum	Pm	61	147
Protaktinijum	Pa	91	231

*** Relativna atomska masa**, 83.

Element	Simbol	Atomski broj	Relativna atomska masa*
Radijum	Ra	88	226
Radon	Rn	86	222
Renijum	Re	75	186
Rodijum	Rh	45	103
Rubidijum	Rb	37	85
Rutenijum	Ru	44	101
Samarijum	Sm	62	150
Skandijum	Sc	21	45
Selen	Se	34	79
Silicijum	Si	14	28
Srebro	Ag	47	108
Natrijum	Na	11	23
Stroncijum	Sr	38	88
Sumpor	S	16	32
Tantalijum	Ta	73	181
Tehnecijum	Tc	43	99
Telur	Te	52	128
Terbijum	Tb	65	159
Talijum	Tl	81	204
Torijum	Th	90	232
Tulijum	Tm	69	169
Kalaj, kositar	Sn	50	119
Titanijum	Ti	22	48
Volfram	W	74	184
Uranijum	U	92	238
Vanadijum	V	23	51
Ksenon	Xe	54	131
Iterbijum	Yb	70	173
Itrijum	Y	39	89
Cink	Zn	30	65
Cirkonijum	Zr	40	91

*** Relativna atomska masa**, 83.

Korisne konstante

Veličina	Simbol	Vrijednost
Brzina svjetlosti u vakuumu	c	2.998×10^8 ms^{-1}
Naboj elektrona	e	1.602×10^{-19} C
Masa elektrona	m_e	9.109×10^{-31} kg
Masa protona	m_p	1.673×10^{-27} kg
Masa neutrona	m_n	1.675×10^{-27} kg
Avogadrov broj	N_A	6.023×10^{23} mol^{-1}
Faradejeva konstanta	F	9.65×10^4 C mol^{-1}
Gravitaciona konstanta	G	6.670×10^{-11} N m^2 kg^{-2}
Gasna konstanta	R	8.314 J mol^{-1} K^{-1}

Vrijednosti nekih veličina

Veličina	Vrijednost
Gravitaciono ubrzanje (ubrzanje Zemljine teže)	9.81 ms^{-2}
Gustoća vode	1.00×10^3 kg m^{-3}
Gustoća žive	13.6×10^3 kg m^{-3}
Tačka mržnjenja (standardna temperatura)	273 K
Tačka ključanja (isparavanja)	373 K
Standardni atmosferski pritisak	1.01×10^5 Pa
Dužina dana na Zemlji	8.64×10^4 s

Osobine supstance

(Gustoća, specifični toplotni kapacitet i otpornost mijenjaju se sa temperaturom. Vrijednosti ovdje navedene važe na sobnoj temperaturi, a ona iznosi 18-22° C.)

Supstanca	Gustoća /10^3 kg m^{-3}	Jangov modul /10^{10} N m^{-2}	Specifični toplotni kapacitet /J kg^{-1} K^{-1}	Specifična latentna toplota topljenja /10^4 J kg^{-1}	Koeficijent linearnog širenja /10^{-6} K^{-1}	Toplotna vodljivost /W m^{-1} K^{-1}	Specifična otpornost /10^{-8} Ω m
Aluminijum	2.70	7.0	908	40.0	25	242	2.67
Antimon	6.62	7.8	210	16.5	11	19	44
Arsen	5.73	-	335	-	6.0	-	33.3
Bizmut	9.78	3.2	112	5.5	14	9	117
Mesing	8.6	9.0	389	?	19	109	8
Kadmijum	8.65	5.0	230	5.5	30	96	-
Kobalt	8.70	-	435	24.0	12	93	6.4
Konstantan	8.90	-	420	-	16	23	49
Bakar	8.89	11.0	385	20.0	16	383	1.72
Galijum	5.93	-	377	-	19	34	17.4
Germanijum	5.40	-	324	-	5.7	59	4.6×10^7
Zlato	19.3	8.0	128	6.7	14	300	2.20
Iridijum	22.4	-	135	-	6.5	59	5.2
Željezo (liveno)	7.60	11.0	460	21.0	12	71	10.3
Željezo (kovano)	7.85	21.0					
Olovo	11.3	1.6	127	2.5	29	36	20.6
Magnezijum	1.74	4.1	1030	30.0	26	154	4.24
Živa	13.6	-	139	1.2	12	9	95.9
Molibden	10.1	-	301	-	5.0	142	5.7
Nikl	8.80	21.0	456	29.0	13	59	6.94
Paladijum	12.2	-	247	15.0	12	74	10.7
Platina	21.5	17.0	135	11.5	9.0	71	10.5
Selen	4.79	-	324	35.0	26	.24	10^{12}
Silicijum (amorfni)	2.35	11.3	706	-	2.5	175	10^{10}
Srebro	10.5	7.7	234	10.5	19	414	1.63
Čelik (meki)	7.80	22.0	450	-	12	46	15
Tantal	16.6	19.0	151	-	6.5	56	13.4
Telur	6.2	-	201	-	17	50	1.6×10^5
Kalaj	7.3	5.3	225	5.8	23	63	11.4
Volfram	19.3	39.0	142	-	4.3	185	5.5
Voda	1.00	-	4200	33.4	33.4	.2	-
Cink	7.10	8.0	387	10.5	11	11	5.92

Glosar (rječnik pojmova)

- **Kalorimetrija.** Mjerenje toplotnih promjena za vrijeme hemijske reakcije ili procesa koji uključuju prenos toplote. Npr. mjerenje porasta temperature poznate mase neke supstance kada se ona zagrijava električnim putem primjenjuje se da se odredi **specifični toplotni kapacitet***, a porast temperature date mase vode može se koristiti za izračunavanje energije koju stvara gorivo kada gori.

- **Kalibracija (baždarenje).** Podešavanje mjernih instrumenata da bi dali tačne podatke. Instrument se obično baždari prilikom proizvodnje, tako da daje tačne vrijednosti pri mjerenju poznate standardne veličine. Npr. vaga će biti podešena da pokazuje tačno 1 kg kada je standard od 1 kg mase na njoj.

- **Koeficijent. Konstanta** za neku supstancu koristi se za izračunavanje veličina povezanih s datom supstancom množeći je s drugim veličinama. Npr. sila koja spaja dva materijala pomnožena s **koeficijentom trenja*** za odgovarajuće površine daje **silu trenja***.

- **Konstanta.** Brojčana vrijednost koja se ne može varirati. Npr. u jednačini $E=mc^2$ (vidi i str. 84) veličina c (brzina svjetlosti u vakuumu) je konstanta. E i m su **varijable**, jer se one mijenjaju.

- **Kosinus** (ugla). Odnos dužine nalegle katete prema dužini hipotenuze u pravouglom trouglu. Zavisi od ugla.

- **Legura.** Smjesa dva ili više metala, ili metala i nemetala. Ima svoje vlastite osobine (osobine metala), nezavisno od osobina svojih sastojaka. Npr. mesing je legura bakra i cinka, čelik je legura željeza i ugljika (različita smjesa daje čeliku različite osobine).

- **Medij.** Bilo koja supstanca kojom se prenosi fizički efekat, npr. staklo je medij kada se svjetlost prostire kroz njega.

- **Menisk.** Konkavna ili konveksna površina tečnosti, npr. vode ili žive. Nastaje uslijed relativne privlačnosti molekula među sobom i sa molekulama posude (vidi i **adhezija i kohezija**, str. 23 i **greška paralakse** str. 102).

- **Obrnuto proporcionalan.** Ako se odnosi na dvije veličine, znači da je jedna direktno povezana s **recipročnom vrijednošću** druge.

- **Omjer (odnos).** Količina kojom se neka veličina mijenja u odnosu na drugu, npr. ubrzanje je omjer promjene udaljenosti s vremenom. Ta druga vrijednost ne mora biti vrijeme. Ako se nacrta grafikon X-Y, omjer promjena Y u odnosu na X u nekoj tački je gradijent u toj tački.

- **Proporcionalan.** Kada se odnosi na dvije veličine, znači da su one direktno povezane, tj. ako je X proporcionalno Y, onda će se X mijenjati za određenu vrijednost za svaku određenu promjenu u Y.

- **Recipročna vrijednost.** Vrijednost koja se dobije kada se jedan podijeli s tim brojem, npr. recipročna vrijednost broja x je 1/x. Npr. recipročna vrijednost od 10 je 0,1.

- **Sinus (ugla).** Odnos dužine suprotne katete prema dužini hipotenuze (najduža strana) u pravouglom trouglu. Zavisi od ugla.

- **Sistem.** Niz povezanih dijelova koji utiču jedan na drugi i čine cjelinu.

- **Spektar.** Određena raspodjela talasnih dužina i frekvencija, npr. **spektar vidljive svjetlosti*** ima raspon od $4x10^{-7}$ do $7,5x10^{-7}$ m.

- **Srednji.** Sinonim za prosječan, tj. zbir niza vrijednosti podijeljen brojem vrijednosti u tom nizu.

- **Tangens (ugla)** - odnos dužine suprotne katete prema dužini nalegle katete na taj ugao u pravouglom trouglu. Zavisi od ugla.

- **Varijabla** (promjenljiva vrijednost). Brojčana vrijednost koja može imati bilo koju vrijednost. Npr. u jednačini $E=mc^2$ (vidi i str.84) E i m su varijable, jer mogu imati bilo koju vrijednost (iako vrijednost E zavisi od vrijednosti m). Veličina c (brzina svjetlosti u vakuumu) je **konstanta**.

- **Zapremina.** Mjera prostora koje neko tijelo zauzima. Vidi str.101 za izračunavanje zapremine. **SI-jedinica*** zapremine je kubni metar (m^3).

*Ubrzanje, 11; Koeficijent trenja, Sila trenja, 7; SI-jedinica, 96; Specifični toplotni kapacitet, 30; Spektar vidljive svjetlosti, 55.

Index

Postoje tri vrste brojeva stranica navedenih u indexu. Brojevi štampani masnim slovima (npr. **79**) pokazuju gdje se može naći glavna definicija neke riječi. Brojevi štampani običnim tiskom (npr.82) odnose se na dopunske podatke. Brojevi stranica štampani italikom (npr.*34*) pokazuju stranice na kojima se riječ ili riječi mogu naći kao mali natpisi uz slike.Ako uz broj stranice stoji riječ u zagradi, to znači da se naznačena riječ može naći unutar teksta naznačene definicije. Ako uz broj stoji znak (I), naznačena riječ se može naći u uvodnom tekstu na datoj strani. Oblici jednine i množine u zagradi navedeni su po potrebi nakon naznačenih riječi. Sinonimi su naznačeni napomenom "vidi" ili kosim znakom (/), ako se sinonimi slažu po abecednom redu.

α - raspad, vidi **Alfa-raspad**
β - raspad, vidi **Beta-raspad**
α - čestice, vidi **Alfa-čestice**
γ - radiografija, vidi **Gama-radiografija**
α - zraci, vidi **Alfa-zraci**
β - zraci, vidi **Beta-zraci**
γ - zraci, vidi **Gama-zraci**

A

Aberacija
 Hromatska, 55
 Sferna,49
A-bomba, vidi **Atomska bomba**
Aditivno miješanje, 55
 (dodavanje boja)
Adhezija,23
Aerometar, vidi **hidrometar**
 AGR, vidi **Reaktor sa gasnim prethlađenjem**
Ahromatsko sočivo,
 54 **(Spektrometar)**
 55 **(Hromatska aberacija)**
Akceleratori (čestica), 86
 (Radioizotopi)
Aktivna elektroda, 66 **(Elektroda)**
Akumulator, vidi **Sekundarna ćelija**
Akumulator, vidi **Sekundarni izvor**
 Olovni,**akumulator** 69
Akumuliranje, vidi **Sekundarna galvanska ćelija**, 68 (I)
Akustika, 40 (I)
Akustični talasi, vidi **Zvučni talasi**
Aktinijum, (Ac), 112
Alfa-raspad (α-**raspad**), 87
Alfa-čestice (α-**čestice**), 86
Alfa-zraci (α-**zraci**), 86 (I)
Alkalna ćelija, 69
Aluminijum, (Al), 112,114
Amalgam, 68, (Lokalno djejstvo)
Americijum, (Am), 112
Amorfni silicijum, 114
Amper (A), 60, 96
Amper-časovi, 69, (Kapacitet)
Ampermetar, 77, 110
Amperovo pravilo plivača, 74
Amplituda, 16, *34*
Analogna (logička kola), 111
AND (logičko kolo/operacija) 110, 111
Anjoni, 66, 88 (Jonizacija)
Anoda, 66, (Elektroda)
Anomalno širenje, 33
Antimon (Sb), 112,114
Antineutrino, 87 (Beta-raspad)
Antinodalne linije, *38*, 39
Antinodalne tačke/Antinode, 39, *43*
Apertura (kamera) *54*
 (Dijafragma) (sočivo) *52*
 (ogledalo) *48*
Apsolutna temperaturna skala, 27
Apsolutna nula, 27 (Apsolutna temperaturna skala)
Apsolutni indeks prelamanja, 37 (Indeks prelamanja), *50*
Apsolutno zapreminsko širenje, vidi **Realno zapreminsko širenje**
Argon (Ar), 112
Arhimedov zakon, 25
Armatura (elektromotor), *76*
Arsen (As), 112, 114
Astat (At), 112
Atmosferski pritisak, *24*
 25 **(Barometar)**
Atom (i), 4-5, 82-87
Atomska bomba (A-bomba) 93
 (Fisiona bomba)
Atomska energija, 84-85
Atomska masa vidi **Relativna atomska masa**
Atomska rešetka,*4*
Atomska težina, vidi **Relativna atomska masa**
Atomski broj (Z), 82, 112-113
Atomsko jezgro, vidi **Jezgro**
Avogadrov broj, 96 (mol)

B

Bakar, (Cu), 112,114
Bakarni voltametar, 67 **(voltametar)**
Barijum (Ba), 112
Barlov točak, 76
Barometar, 25
 Obični, *25*
Baterija, 68 (I), *69*, 110
Baza, 65 **(Tranzistor)**
Baždarenje (Kalibracija), 115
Bekerel, (Bq), *87*
Berilijum, (Be), 112
Besteżinsko stanje, 19
 Prividno, 19
 Stvarno, 19
Beta-čestice (β-**čestice**), 86
Beta-raspad (β-**raspad**), 87
Beta-zraci (β-**zraci**), 86 (I)
Bikonkavan, *53*
Bikonveksan, *53*
Bimetalna traka, 32
Bireta, 101
Bizmut, (Bi), 112, 114
Blenda (kamera), *54*
Boca za određivanje gustoće, 24
Boja (Boje), 54-55
 Komplementarne, *55*
 Primarne, 55
 Sekundarne, *55*
Bojlov zakon, 33
Bomba (bombe)
 Atomska/Fisija, 93
 Fisija-Fuzija, 93
 (Fuziona bomba)
 Fuziona/Hidrogenska, 93
Bor (B), 112
Braunovo kretanje, 5
Bregovi (talasi), 34
Brojač scintilacija, 90

Broj (evi),
Atomski (Z), 82, 112-113
Avogadrov, 96, (Mol)
Maseni (A), 82
Neutrona (N), 82
(Označavanje broja), 109
Brom (Br), 112
Brzina (v), 10, 97
Ugaona, 17
Prosječna, 10 (Brzina)
Brzina izlaza (kosmička), 19
Trenutna, 10 (Brzina)
Relativna, 11
Granična, 19
Jednolika, 11 (Brzina)
Subsonična, 40
Supersonična, 40
Brzina talasa, 35
Brzina zvuka, 40
Brzi reaktor/Brzi oplodni reaktor (brider) (FBR), 95
Buka, 42 (l)

C

Celzijusova skala, 27
Centar mase, 10
Centar obrtanja (oslonac) 14, (I Moment) 21 (Poluga)
Centar zakrivljenosti (C), *48, 52*
Centralna procesna jedinica (CPU), 111
Centrifugalna sila, 17
Centripetalno ubrzanje(a), 17
Centripetalna sila, 17
Cer (Ce), 112
Cezijum (Cs), 112
Cijev sa malteškim krstom, 80
Cijev za električno pražnjenje, 80
Cijev za dobijanje X-zraka, 81
Ciklotroni, 83 (Radioizotop)
Ciklus, 16
Cink (Zn), 113, 114
Cirkonijum (Zr), 113
CPU, vidi Centralna procesna jedinica
Crno tijelo, 29, (Leslijeva kocka)
CRO, vidi katodni osciloskop

Ć

Ćelija (ćelije), 68-69, 110
Alkalna, 69
Suva, 69
Elektrolitska, 66
Leklanšeova, 69
Nikl-kadmijumska, 69
Ćelija (ćelije) (nastavak)
Primarna, 69
Sekundarna, 69
Obična, 68
Standardna, 69

Č

Čelik, 114
Četkice (elektromotor), *76*
Čvrst 10(l)
Čvrsto stanje, 5

D

Decibeli (dB), 42 (glasnost)
Defekt mase, 84
Deformacija
Elastična, *23*
Plastična (tačka razvlačenja), 23
Deklinacija, 73
Demagnetizacija, 71
Depolarizacioni agens 68 (Polarizacija)
Destruktivna interferencija, 39
Devijacija
Ugao devijacije, 51
Dezintegracija, 87 (Radioaktivni raspad)
Diatonska skala, *42*
Dielektrična konstanta, 59
Dielektrik, 59 (kondenzator)
Difrakcija, 36, *37*
Difuzno odbijanje, 47
Difuzija, 5
Grahamov zakon, 5
Difuziona maglena komora, *90*
Digitalni, 111, (Logička kola)
Dijamagnetizam, 72
Dinamička ravnoteža 14 (Ravnoteža)
Dinamička sila trenja, 7
Dinamika, 12-13
Dinamo - vidi Generator
Dinamo pravilo, vidi Flemingovo pravilo desne ruke
Dioda, 65, 110
koja emituje svjetlost (LED), 65, 110
Dioptrija, 53 (Snaga)
Dipoli, 71 (Teorija magnetnih domena)
Direktno polarizovana, 65 (Dioda)
Disperzija, 54, (Boja)
Disprozijum (Dy), 112
Divergentno sočivo, 53
Divergentno ogledalo, vidi Konveksno ogledalo
Dizalica s navojima, 21
Djejstvo
Kapilarno, *23*
(sila) 13 (Treći Njutnov zakon)
Lokalno, 68
Šiljaka, 57
Djelimično pomračenje, *47*
Djelitelj napona, vidi Djelitelj potencijala
Djelitelj potencijala, 63
Dodavanje primjesa, 65
Domet
(polje sile), 6
zvuka, 40 (l)
Donja fiksna tačka, 26 (Fiksna tačka)
Doplerov efekat, 41
Doza (zračenja) 80, (Dozimetar)
Držači, 71 (Samorazmagnetisavanje)
D-T reakcija, *93*, 94 (Fuzioni reaktor)
Dužina (l), 96
(mjerenje dužine), 100
Dvopolni prekidač, *64*

DŽ

Džul, (J), 8, (l), *97*

E

Efekat motora, 76
Efekat staklenika, 29
Efikasnost, 20
Eho, 41
Eholokacija, 41, (Eho)
Ekraniranje, vidi Zaštita
Eksponent-označavanje, 109
Ekstrakcija metala, 67
Ekspanzivnost, 32 (l)
Apsolutna zapreminska, vidi Realna zapreminska ekspanzivnost
Prividna zapreminska, *32*, 33
Površinska, vidi Površinska ekspanzitivnost
Zapreminska,(γ) , 32
Linearna, (α), 32, 114
Realna zapreminska, *32*, 33
Površinska (β), 32

Ekvator (magnetski), 73
Ekvipotencijalna površina, 58
Elastičan, 22 (Elastičnost)
Elastičnost, 22
Elastičan, 23, (Granica razvlačenja)
Elastična potencijalna energija, 8
Elektrane, *61*
Nuklearne, 94 (I)
Elektricitet, 56-69, 74-79
Električna energija, 9
Električna sila, 6, 105, 107
Električna struja (I), 60-61
Električna struja
Naizmjenična (a.c.), 61, 110
Konvekcija 28 (strujanje)
Direktna (d.c.), 60
Vrtložna, 79
(električna), 56,(I), 60-64, 96
Električni naboj (Q), 56-59, *97*
Električni vjetar, 57,
(Djejstvo šiljaka)
Električno polje, 58 (I), 105, 107
Električno zvono, 75
(El. zujalica)
Elektroda, 66
Aktivna, 66 (Elektroda)
Inertna, 66 (Elektroda)
Elektrofor, 57
Elektrogalvanizacija, vidi Elektroplatiniranje
Elektrohemijski ekvivalenat 67, (Faradejevi zakoni)
Elektroliza, 66-67
Faradejev zakon, 67
Jonska teorija, 67
Upotreba, 67
Elektrolit, 66
Elektrolitski kondenzator, 59, 110
Elektrolitska ćelija, 66
Elektromagnetna energija 9, (Električna energija)
Elektromagnetna sila, 6
Elektromagnetna indukcija, 78-79
Elektromagnetna potencijalna energija, 8
Elektromagnetni spektar, *44*
Elektromagnetni talasi, *34* (I), 44-45
Elektromagnetizam, 74-76
Elektromagneti, 75-76
Elektromotor, 76
Elektromotorna sila, (EMS), 60
Elektron (i), 80, 83, 86,
(Beta-čestice), 87,
(Beta-raspad), 88-90
Elektronski top, 80
Elektronski multiplikator, *90*
Elektronske ljuske, 83
Elektronska cijev, 80 (I)
Elektronvolt (eV), 85
Elektroplatiniranje, 67
Elektrorafiniranje, 67
Elektroskop, 56
- s kondenzatorom, 56
(Elektroskop)
- sa zlatnim listićem, 56
(Elektroskop)
- pulzirajući (Vulfov), 89
Elektrostatička sila, vidi Električna sila
Elektrostatička indukcija, 57
Elektrostatika, 56
Prvi zakon elektrostatike, 56
Element(i), 4, 112-113
EMS, vidi Elektromotorna sila
Povratna, 60 (Elektromotorna sila)
Emiter, 65, (Tranzistor)
Endoskopi, *51*
Energija (E), 8-9, *97*
Atomska, 84-85
Veze, (B.E.), 64
Hemijska, 8
Elastična potencijalna, 8
Električna, 9
Elektromagnetna, 9
(Električna energija)
Elektromagnetna potencijalna, 8
Gravitaciona, 8
Toplotna, 9, 28-33
Unutrašnja, 9
Kinetička, (K.E.), 9
Zakon održanja energije, 8 (I)
Magnetna, 9
Mehanička, 9
Molekularna, 8
Nuklearna, 84-85
Nuklearna potencijalna, 9
Potencijalna (P.E.), 8, 106-107
Toplotno zračenje, 29
(Zračenje)
Rotaciona kinetička, 9
(Kinetička energija)
Napon, vidi Elastična potencijalna energija
Termalna, vidi Unutrašnja energija
Translaciona kinetička, 9
(Kinetička energija)
Vibraciona kinetička,9
(Kinetička energija)
Talasna, 9
Energija istezanja, vidi Elastična potencijalna energija
Energija veze, (B.E.), 84
Energija veze po nukleonu, *84*
Energetski nivoi, vidi Elektronske ljuske
Energetsko stanje, 84 (I)
Erbijum (Er), 112
Eureka posuda, 24
Europijum (Eu), 112

F

Farad, (F), 59, *97*
Faradejev željezni prsten, 78
(uzajamna indukcija)
Faradejev zakon elektrolize, 67
Farenhajtova skala, 27
Faza (e)
Stanja materije, 4 (I)
(talasa), 38
Fazna razlika, 38 (Faza)
Feromagnetik, 70
Fiksna tačka, 26
Donja, 26 (Fiksna tačka)
Gornja, 26 (Fiksna tačka)
Film, *54*
Fisibilan (djeljiv), 92
(Indukovana fisija)
Fisija (nuklearna), *85*, 92-93
Indukovana, 92
Spontana, 92
Fisiona bomba, 93
Fisioni fragmenti, vidi Produkti fisije
Fisiono-fuziona bomba, 93,
(Fuziona bomba)
Fisioni neutroni, 92
(Nuklearna fisija)
Fisioni reaktor, 94
Fizičke veličine, 96, (I), 98, 99
Flemingovo pravilo lijeve ruke, 76
Flemingovo pravilo desne ruke, 78
Flotacija,
Principi flotacije,25
Fluorescencija, 45
Fluorescentna cijev, 80 (Cijev za električno pražnjenje)
Fluor (F), 112
Fluks,
Linije fluksa, vidi linije polja
Fokalna dužina (f), *48, 52*
Fokalna tačka, vidi Glavni fokus
Foni, 42 (Glasnost)
Formula (formule)
Ajnštajnova o masi-energiji, *84*
Sočivo/ogledalo, 49
Formula masa-energija (Ajnštajn), *84*
Formula ogledala, 49
Formula sočiva, vidi Formula ogledala
Fosforescencija, 45
Fosfori, 45, (Fosforescencija)
Fosfor (P), 112
Fotomultiplikator, 90
(Scintilacioni brojač)
Fotoni, 85 (Kvantna teorija)
Fotootpornik (simbol), 110
Frekvencija (f), 16, 35, 97
Frekvencija udara, 42 (Udari)
Osnovna, 43
(Vidovi, modovi vibracija)
Prirodna, 17

(Prirodna oscilacija)
Francijum, (Fr), 112
Frontovi upadnih talasa, 36
(Upadni talas)
Fuzija
Nuklearna, *85*
Specifična latentna toplota fuzije, 31, 114
Fuziona bomba, 93
Fuzioni reaktor, 94

G

Gadolinijum (Gd), 112
Gajgerov brojač, 89
Gajger-Milerova cijev, 89
(Gajgerov brojač)
Galijum (Ga), 112, 114
Galvanometar, 77, 110
Sa pokretnim kalemom, 77
(Galvanometar)
Galvanska ćelija, 68, (l)
Galvanski stub, 68
Gama-kamera, *91*
Gama-radiografija
(γ-radiografija), 91
Gama-zraci (γ-zraci), 44, *85*, 86
Gamatron, *91*
Gas (gasovi), 5, 33
Idealni gas, 33
Gasovito stanje, 5
Generator, 78
Parni, *94*, *95*
Van de Grafov, 57
Geo-stanica, 19
Germanijum (Ge), 112, 114
Glasnost, 42
Glavni fokus (F), *48,52*
Glavna osa, *48*, *52*
Glavni vod zvona
(strujno kolo), *61*
Gornja fiksna tačka, 26
(Fiksna tačka)
Gradijent potencijala, 58
(Potencijal)
Grafikoni, 98-99
(pravila za crtanje), 99
Grahamov zakon difuzije, 5
Granica elastičnosti, 22
Granica
Elastičnosti, 22
Proporcionalna, vidi
Granica proporcionalnosti
Granična sila trenja, 7
Granica proporcionalnosti, 22 (Hukov zakon)
Granica razvlačenja
(yield point), 22
Granična brzina, 19
Gravitacija, 18-19
Njutnov zakon gravitacije, 18
Gravitaciona konstanta (G), 18
(Njutnov zakon gravitacije)
Gravitaciona potencijalna energija, 8
Gravitaciona sila, 6, 104, 106
Gravitaciono polje, 104, 106
Gravitaciono ubrzanje (g), 18
g-sila, 18,
Gravitaciono ubrzanje
Greška (e) 102-103
Paralakse, 102
Greške u očitavanju, 103
Nule, 102
Grijanje, 64 (lampa s niti za žarenje)
Gustoća (ρ) 24-25, 97, 114
Magnetni fluks, 72
Optička, 50 (Snelov zakon)
Površinska, 57
Gustina magnetnog fluksa, 72

H

Hafnijum (Hf), 112
Harmonici, *43*
H-bomba, vidi Hidrogenska bomba
Helijum (He), 112
Hemijska energija, 8, *9*
Herc (Hz), 16 (Frekvencija), *97*
Hidraulična presa, 21
Hidrogen (vodonik) (H), 112
Hidrogenska bomba (H-bomba) 93 (Fuziona bomba)
Hidrometar, 25
Hlor (Cl), 112
Hofmanov voltametar, 67
Holmijum (Ho), 112
Hromatska aberacija, 55
Hromatska skala, 42
Hromatizam, vidi
Hromatska aberacija
Hrom (Cr), 112
Hukov zakon, 22

I

Idealan gas, 33
Idealna mašina, 20
Impedansa, 64
Impuls, 12, 97
Impuls, 12, 97
Zakon održanja (impulsa), 13
Incidencija (upadanje)
Upadni ugao (i), *46, 50*
Tačka upada, *46, 50*
Indeks prelamanja (n), 37
50 (Snelov zakon), *51*
Apsolutni, 37 (Indeks prelamanja), *50*
Indiferentna ravnoteža, 15
Indijum (In), 112
Inducirana fisija, 92
Inducirani magnetizam, 71 (Magnetizacija)
Indukcija
Elektromagnetna, 78-79
Elektrostatička, 57
Faradejev zakon, 78
(magnetna) 71 (Magnetizacija)
Uzajamna, 78
Induktor, 64 (Induktansa), 110
Induktansa, 64
Inertna elektroda, 66 (Elektroda)
Inercija, 12
Infracrveno zračenje (IR zračenje), *44*, 45
Infrazvučni talasi, 40 (Infrazvuk)
Infrazvuk, 40
Inklinacija, 73
Inklinator, 73 (Inklinacija)
Instrument sa pokretnim željezom, 77
Instrumenti za mjerenje struje, 77
Integralna strujna kola, 111
(Logička kola)
Intenzitet
Polja, 106-107
Svjetlosti, 96
Talasa, 35
Interferencija (talas), 38-39
Konstruktivna, 39
Destruktivna, 39
Interferentne trake, 38
(Jangove pukotine)
Interval (i)
Fundamentalni, 26
(Fiksna tačka)
(zvuk), 42 (Muzička skala)
Inverzno polarizovana, 65
(Dioda)
Invertor (simbol), 110
Iridijum (Ir), 112, 114
IR zračenje, vidi
Infracrveno zračenje
Ishodište (grafikoni), 98
Isparavanje, 30
Specifična latentna toplota, 31
Istezanje, 22 (Hukov zakon)
Iterbijum (Yb), 113
Itrijum (Y), 113
Izlaz (autput), (računari), 111
Izogonalne linije, 73
Izoklinalna linija, 73
Izolatori
(Električni), 56
(toplotni), 28
Izotop (i), 83
Radioaktivni, vidi Radioizotop
Izvan faze (talasi), 38 (Faza)
Izvedene veličine, 97
Izvedene SI-jedinice, 97

J

Jačina uvećanja, vidi
Ugaono uvećanje
Jangov modul, *22*, 114
Jangove pukotine, 38
Jedinice, 96-97
Unificirana atomska masa (u) 83 (Relativna atomska masa)
Jedinjenje, 4
Jonsko, *4*
Jednačina (jednačine), 98-99
Jednačina
Stanja gasa/Idealan gas, 33
Nuklearna, *92, 93*
Simboli, *98*
Riječ, *98*
Jednačina idealnog gasa, 33
Jednačina stanja, vidi
Jednačina idealnog gasa
Jednačine jednakoubrzanog kretanja, 11
Jednolika brzina, 10 (Brzina)
Jednoliko kružno kretanje, 17, (Kružno kretanje)
Jednoliko ubrzanje, 11 (Ubrzanje)
Jednosmjerna struja (d:c.), 60
Jednostavni barometar, *25*
Jednostavna ćelija, 68
Jednostavni mikroskop, 54 (Mikroskop)
Jezgro (a), 82
Jezgro
(elektromagneti), 74
(nuklearni reaktor), 94
(fisioni reaktor)
Jod (I), 112
Joni, 88 (Jonizacija)
Jonizacija, 88
Jonosfera, *45*
Jonsko jedinjenje, 4
Jonska teorija elektrolize, 66
Južni/koji se okreće prema južnom polu, 70 (Pol)

K

Kadmijum (Cd), 112, 114
Kalaj (Sn), 113, 114
Kalcijum (Ca), 112
Kalijum (K), 112
Kalorimetrija, 115
Kamera, 54
Gama, *91*
Kandela (cd), 96
Kapacitet (C), 59, 97
Kapacitet,
(ćelije), 69
Kapilarnost/Kapilarno djejstvo, *23*
Kapilarna cijev, *23, 24*, 26 (termometar s tečnošću)
Karbonski otpornik, 62, (Otpornik)
Katoda, 66, (Elektroda)
Katodni osciloskop (CRO), 81
Katodni zraci, 80-81
Katjoni, 66, 88 (Jonizacija)
Kaustična kriva, 49 (Sferna aberacija)
Kelvin (K), 27
(Apsolutna temperaturna skala), 96
Kilogram (kg), 96
Kinematika, 10, (I)
Kinetička energija, (K.E.), 9
Kinetička teorija, 5
Kirhofovi zakoni, 63
Kiri, *87*
Klinički termometar, *26*
K-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)
Ključanje, 20 (Vaporizacija)
Kobalt (Co), 112, 114
Koeficijent, 115
Koeficijent dinamičkog trenja, 7 (koeficijent trenja)
Koeficijent graničnog trenja, 7 (koeficijent trenja)
Koeficijent trenja (μ), 7
Koeficijent transformacije, 79
Koherentni talasi, 38 (I)
Kohezija, 23
Kolektor, 65 (tranzistor)
Kolizija, 12
Kolo, vidi Logička kola
Kompas sa pisačem, 72 (Linije magnetnog polja)
Komplet sočiva (kamera), *54*
Komplementarne boje, *55*
Komponente, *6*, 108 (Rezolucija)
Kompresije (talasi), 35
Kondenzacija, 30
Kondenzator, 59, 110
Elektrolitički, 59, 110
Papirnati, 59
Poliesterski, 59 (Papirnati kondenzator)
Promjenljivi, 59, 110
Konkavno sočivo, *52*, 53
Konkavni menisk, 53 (konkavno sočivo)
Konkavno ogledalo, 48
Konstanta, 113, 115
Dielektrična, 59
Gravitaciona (G), 18 (Njutnov zakon gravitacije)
Plankova, *85*
Konstantan, 114
Konstruktivna interferencija, 39
Kontaktna sila, 7
Normalna, 7, (koeficijent trenja)
Kontrolna rešetka (osciloskop), *81*
Kontrolne šipke, 94 (Fisioni reaktor), *95*
Konvekcija (strujanje), 28
Konvencija znaka, 11-Realna slika je pozitivna, *49*
Konvergentno sočivo, 52
Konvergentno ogledalo, vidi Konkavno ogledalo
Konverzija (energija) 8, (I), *9*
Konveksno sočivo, *52*, 53
Konveksni menisk, 53, (konveksno sočivo)
Konveksno ogledalo, 48
Kosa ravan, 21
Kosinus, 115
Kosmičko zračenje, 88, (Zračenje u prirodi)
Kosmički zraci, 86, (Radioizotop)
88 (Zračenje u prirodi)
Kretanje, 10-11
Braunovo, 5
Kružno, 17
Jednačina jednoliko ubrzanog kretanja, 11
Linearno/Normalno, 10
Njutnovi zakoni kretanja, 12-13
Periodično, 16-17
Rotaciono, 10, (I), 11
Translaciono, 10, (I)
Jednoliko kružno, 17, (Kružno kretanje)
Talasno, 34, (I)
Kripton (Kr), 112
Kritična masa, 93
Kritična temperatura, 5
Kritični ugao (c), 51
Kritični zrak, 51, (Kritični ugao)
Krivulja hlađenja, *31*
Krt materijal, 23, (Granica razvlačenja)
Kružno kretanje, 17
Kružne talasne fronte, *34*
Kružno pomračenje, *47*
Ksenon (Xe), 113
Kulon (C), 60, 97
Kulometar, vidi Voltametar
Kvanti (jedan, kvant) 85, (Kvantna teorija)
Kvantna teorija, 85

L

Lajdenska posuda, 59
Lanac raspada/niz, 87
Lančana reakcija, 92 (inducirana fisija)
Lantan (La), 112
Latentna toplota (L), 30, *31*
specifična (I), 30,
Latentna toplota fuzije (specifična) 31, 114
Latentna toplota isparavanja (specifična), 31

Lateralna inverzija, 47
(Ravno ogledalo)
Lavina (čestice), 89
LED vidi
Dioda koja emituje svjetlost
Legura, 115
Leklanšeova ćelija, 69
Lencov zakon, 78
Leslijeva kocka, 29
Linearno kretanje, 10
Linearni momenat, impuls
Zakon održanja, 13
Linearna ravnoteža, 15
Linearno širenje, (α), 32, 114
Linearno ubrzanje, 14 (I)
Linearno uvećanje, 49
Linije fluksa, vidi Linije polja
Linije fluksa/sile, vidi
Linije polja
Linije magnetnog polja,
linije fluksa, 72, 107
Linije polja, *6*, 106-107
Električnog, 107
Gravitacionog, 106
Magnetnog, 72, 107
Litar (l), 101
Litijum (Li), 112
Liveno željezo, 114
L-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)
Logička kola, 111
Lokalno djejstvo, 68
Longitudinalni talasi, 35
Lupa, vidi
Jednostavni mikroskop
Lutecijum (Lu), 112

LJ

Ljuska (e)
Elektronska, 83
Vanjska, 83
(Elektronske ljuske)

M

Maglena komora, 90
Difuzija, *90*
Vilson, *90*
Magnet (i), 70-79
Molekularni vidi Dipoli
Permanentni, 70
(Tvrdi feromagnetik)
Privremeni (nepostojani) 70
(Meki feromagnetik)
Magnetik, 70, (I)
Magnetna osa, 70
Magnetna energija, 9
Magnetni ekvator, *73*
Magnetno polje, 72-73, 105, 107
Magnetizacija, 70, (I), 71
Magnetizam, 70-79
Teorija domena, 71
Prvi zakon magnetizma, 70
Inducirani, 71 (Magnetizacija)
Rezidualni (zaostali), 70
(Meki feromagnetik)
Magnetna sila, 6, 105, 107
Magnetni meridijan, 73
Magnetni jug, 73
Magnetni sjever, 73
Magnetron, *45*
Magnezijum (Mg), 112, 114
Maksimalni termometar, 27
Maksvelovo pravilo zavrtnja, 74
Maksimalno skretanje na skali
77, (Ampermetar)
Mangan (Mn), 112
Manometar, 25
Masa (m), 12, 96
Atomska, vidi
Relativna atomska masa
Centar mase, 10
Kritična, 93
Relativna atomska, 83,
112-113
Subkritična, 93
(Kritična masa)
Maseni broj (A), 82
Mašina (e), 20-21
Idealna, 20
Medij (i), 115
Međumolekularna sila, 7
Međunarodni sistem jedinica
(SI- jedinice), 96-97
Megaelektron volt (MeV), 85
Mehanička energija, 9
Mehanička prednost, (M.A.), 20
Mehanički talasi, 34, (I)
Mekan (magneti), 70
Membrana, (kamera), *54*
Memorija (računari), 111
Memorija sa direktnim
pristupom (RAM)
111 (Memorija)
Koja se samo čita (ROM),
111 (Memorija)
Menisk, 115
Konkavni, 53
(Konkavno sočivo)
Konveksni, 53
(Konveksno sočivo)
Menzura, 101
Meridijan,
Magnetni, 73
Mesing, 114
Metar (m), 96
Njutn (Nm), 14 (Momenat)
Miješanje boja, 55
Mikročip, 111 (računari)
Mikrofon, 76, 110
Mikrofon (simbol), 110
Mikrometarski zavrtanj, 101
Mikroskop, 54
Složeni, 54 (Mikroskop)
Jednostavni, 54 (Mikroskop)
Mikrospojevi, *7*
Mikrovalne peći,
45 (Mikrotalasi)
Mikrotalasi, *44*, 45
Miliampermetar (simbol), 110
Mi-metal, *73*
Minimalni termometar, 27
Mjehurasta komora, 90
Mjerač sa zavrtnjem
Mikrometar, 101
Mjerač zvuka, *43*
Mjerač učestalosti otkucaja
(rejtmetar), 89
(Gajgerov brojač)
Mjerenja, 100-101
Mjerenje pozadinskog
zračenja, 88
(Zračenje okoline, u prirodi)
Mjerilo s pomičnim kracima,
Nonijus klizni, 100
Mjerni instrumenti, 77 (električni)
S pokretnim željezom, 77
Mjerni most, 63 (Vitstonov most)
Mlazni motor, 13
M-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)
Model interferencije, 38 (I), *39*
Moderator, 95 (Termalni reaktor)
Mol, 96
Molekule, 4-5
Molekularna potencijalna
energija, 8
Molekularni magneti,
vidi Dipoli
Molibden (Mo), 112, 114
Momenat (i), 14
Pravilo momenata, 15
(Rotaciona ravnoteža)
Momenti sile, 14-15
Monoizotopski, 83 (Izotopi)
Mržnjenje, 30
Motor (električni), 76
Motor
Mlazni, 13
Raketni, 13
Multimetar, 77
Munja, 57, (Munja)
Muzička skala, 42 (Muzički
zvuci)
Muzički zvuci, 42-43

N

Naboj (električni) 56-59, 97
Nagib, vidi inklinacija
Nagib (gradijent)
(grafikoni), *98*
Potencijalni, 58 (Potencijal)
Temperaturni, 28
(Provodljivost)

NAND (logičko kolo/operacija), 110, 111
Namotaj, 74
Ravni, 74
Primarni, 79
Sekundarni, 79
Napon (V), 58
(Potencijalna razlika)
Napon kidanja, *23*
Napor, 20 (I)
Natrijum (Na), 113
Ne-elektrolit, *66*
Neodimijum (Nd), 112
Neon (Ne), 112
Neptunijum (Np), 112
Nestabilna ravnoteža, 15
Neutralan (Žice), *61*
Neutralna tačka, 72
Neutrino, 87 (Beta-raspad)
Neutron (i), 82
Fisija, 92 (Nuklearna fisija)
Neutronski broj (N), 82
Nezavisna varijabla, *98*
Nikal; (Ni), 112, 114
Niobijum (Ni), 112
Nitrogen (N), 112
Niz
(komponente), 64
Raspad, 87
N-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)
Nodalne linije, *38*, 39
(Nodi, čvorovi)
Nodalne (čvorne)
tačke/Čvorovi, 39
43 (Stojeći talasi)
NOR (logičko kolo/operacija) 110, 111
Normalan, *46, 50*
Normalna kontaktna sila, 7 (Koeficijent trenja)
NOT (logičko kolo/operacija), 110, 111
Note, 42 (Muzički zvuci)
Npn tranzistor, *65*, 110
N-tip (poluprovodnik) 65 (Dodavanje primjesa)
Nuklearna energija, 84-85
Nuklearna fisija, *85*, 92-93
Nuklearna fuzija, *85*, 93
Nuklearna jednačina (e), *92, 93*
Nuklearna potencijalna energija, 9
Nuklearna sila, 7, 84
Nuklearne elektrane, 94, (I)
Nuklearne reakcije, *85*, 92, (I) 94, 95
Nuklearni reaktor, 94, (I)
Nukleon (i), 82, (Jezgro)
Energija veze po nukleonu, *84*

NJ

Njutn (N), 6, 97
Njutnmetar (Nm)
14 (Momenat)
Njutnov zakon gravitacije, 18
Njutnovi zakoni kretanja, 12-13

O

Objektiv
(mikroskop), *54*
(teleskop), *55*
Oblici vjerovatnoće, vidi Orbitale
Oblikovač (elektromagneti), 74 (Kalem)
Obrnuto proporcionalan, 115
Obrtni moment, vidi Moment
Obrtni prekidač, 64
Očuvanje energije, Zakon očuvanja, 8, (I)
Očuvanje impulsa, Zakon očuvanja,
Odbijeni zrak, *46*
Odbijeni talas, 36 (Odbijanje)
Odbijanje, 36, 46-49
Ugao odbijanja (r), *46*
Difuzno, 47
Unutrašnje, 91 (Totalno unutrašnje odbijanje)
Zakoni odbijanja, 46
Regularno, 46
Totalno unutrašnje, 51
Određivanje starosti pomoću karbona, vidi Određivanje starosti pomoću radiokarbona
Određivanje starosti (datiranje)
Karbon/Radiokarbon, 91
Odzvanjanje, 41 (Eho)
Ogledalo (a)
Konkavno/Konvergentno, 48
Konveksno, 48
Zakrivljeno, 48 (I)
Divergentno, vidi Konveksno ogledalo
Ravno, 47
Oksigen (O), 112
Oktet, 83 (Elektronske ljuske)
Okular
(mikroskop), *54*
(teleskop), *55*
Olovo (Pb), 112, 114
Olovni akumulator, 69
O-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)
Om (Ω) (Otpor), 97
Omov zakon, 62
Omjer brzine (V.R.), 20
Opšta jednačina gasa, vidi Jednačina idealnog gasa
Optička gustoća, 50 (Snelov zakon)
Optička vlakna, 51
Optički centar (O), *52*
Optički instrumenti, 54-55
OR (logičko kolo/operacija) 110, 111
Orbita
Geostanica (parking), 19
Orbitale, 83 (Elektronske ljuske)
Osa
Magnetna, 70
Glavna, *48, 52*
Oscilacije, 16, 34, (I)
Prinudne, 17
Slobodne/Prirodne, 17
Osciloskop
Katodni zrak (CRO), *73*, 81
Osigurač, (električni), *61*, 110
Osmijum (Os), 112
Osnovna frekvencija, 43 (Modovi vibracija)
Osnovne SI-jedinice, 96
Osnovne veličine, 96
Osnovni interval, 26 (Fiksna tačka)
Osnovno stanje, 84, (I)
Osobine molekula, 22-23
Osobine supstance, 114
Molekularne, 22-23
Termometričke 26 (Termometar)
Otklonski sistem - sistem defleksije (osciloskop), *81*
Otpor, 19 (Granična brzina)
Otpor (R), 62, 97
Unutarnji (r), 63
Otpornik, 62, 110
Karbonski, 62 (Otpornik)
Fotootpornik (simbol) 110
Promjenljivi, 63, 110
Otporni termometar, 27
Označavanje (brojevi), 109
Indeks, 109
Označavanje, 91 (Radioaktivno praćenje)

P

Paladijum (Pd), 112, 114
Papirnati kondenzator, 59
Para, 5
Paralaksa, 47
Paralelan (komponente), 64
Paramagnetizam, 72
Parni generator, *94, 95*
Paskal (Pa), *24*, 97
P.E. vidi Potencijalna energija
Period (T), 16, *34*, 97

Vlastiti, 17 (Slobodne oscilacije)
Periodično kretanje, 16-17
Permanentni magneti, 70 (Čvrsti feromagnetik)
Permeabilnost (propustljivost), 73
Plankonkavan, *53*
Plankonveksan, *53*
Plankova konstanta, *85*
Plastičan, 22, (Elastičnost)
Plastična deformacija, 23 (Granica razvlačenja)
Platina (Pt), 112, 114
P-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)
Plutonijum (Pu), 112
Pnp tranzistor, *65*, 110
Podijeljeni dodir, 71
Pojačalo, (simbol), 110
Pojačanje (kontrola osciloskopa), *81*
Pojedinačni dodir, 71
Polarizacija, 68
Polarizovana
 Direktno, 65 (Dioda)
 Inverzno, 65 (Dioda)
Poliesterski kondenzator, 59 (Papirnati kondenzator)
Pol(ovi)
 Odgovarajući, *71*
 (magnetni), 70
 (ogledala), *48*
 Sjeverni/Koji se kreće ka sjeveru, 70 (Pol)
 Južni/Koji se kreće ka jugu, 70 (Pol)
Polonijum (Po), 112
Poluga, 21
Poluprovodnici, 65
Polusjenka, 46 (Sjenka)
Polutalasno ispravljanje, 65
Polje (polja), 104-107
 Električno, 58 (I), 105, 107
 Sile, 6, 104-107
 Gravitaciono, 104, 106
 Magnetno, 72-73, 105, 107
Pomak, 10, *34*
Pomračenje, 47
 Kružno, *47*
 Mjesečevo, 47 (Pomračenje)
 Djelimično, *47*
 Sunčevo, *47*
 Potpuno, *47*
Pomračenje Mjeseca, 47 (Pomračenje)
Pomračenje Sunca, 47 (Pomračenje)
Postrojenje za ponovnu preradu, *94*
Posuda s prelivom, 101
Potencijal, 58, 106-107
Potencijalna razlika (V), 58 *97*, 106-107
Potencijalna energija (P.E.), 8, 106-107
 Elastična, 8
 Elektromagnetna, 8
 Gravitaciona, 8
 Molekularna, 8
 Nuklearna, 9
Potenciometar, 63 (Promjenljivi otpornik), 110
Potisak, 25
Povjetarac s mora, *28*
Povratna EMS, 60 (Elektromotorna sila)
Površina (A), 97 (mjere površine), 101
Površ (mjera površi), 101
Površinska gustoća, 57
Površinska napetost, 23
Površinsko širenje (β), 32
Pozitroni, 86 (Beta-čestice) *87* (Beta-raspad)
Praćenje (radioaktivnost), 91
Pratilac, 91 (Radioaktivno praćenje)
Pravac polja, 104-105
Pravilo (a)
 Amperovo pravilo, 74
 Dinamo, vidi Flemingovo pravilo desne ruke
 Flemingovo pravilo lijeve ruke, 76
 Flemingovo pravilo desne ruke, 78
 Maksvelovo pravilo zavrtnja, 74
 Motora, vidi Flemingovo pravilo lijeve ruke
 Paralelograma, 108
Pravolinijsko kretanje, vidi Linearno kretanje
Prazeodijum, (Pr), 112
Pražnjenje, 66, (Jonska teorija elektrolize)
 Prioritetno, 66, (Jonska teorija elektrolize)
Predotpor, 77, (Voltmetar)
 Elektronski, *90*
Prefiksi (jedinice), 96
Pregrijan (tečnost), 90 (Mjehurasta komora)
Prekidač, 64, 110
 Za prebacivanje, *64*
 Dvopolni, *64*
 Obrtni, *64*
Preklopni prekidač, *64*
Prelamanje, 37, 50-53
 Ugao prelamanja, (r), *50*
 Zakoni prelamanja, 50
Prelomljeni zrak, *50*
Prelomljeni talas, 37 (Prelamanje)
Prelaz (atomski/nuklearni), 85
Prenos toplote, 28-31
Prevrtanje, 15
Prezasićen (para), 90 (Maglena komora)
Prigušivanje, 16
Priključci, 60 (Elektromotorna sila), 110
Primarne boje, 55
Primarna ćelija, 69
Primarni kalem, 79
Primarno strujno kolo, *78*
Princip flotacije, 25
Princip momenata, 15 (Rotaciona ravnoteža)
Princip reverzibilnosti svjetlosti, 49, *50*
Princip superpozicije, 39
Prinudne oscilacije, 17
Prioritetno pražnjenje, 66 (Jonska teorija elektrolize)
Pritisak (P), 24-25, 97
 Atmosferski, *24*
 25 (Barometar)
Pritisak deformacije, 22 (Granica elastičnosti)
Pritisak (napon), 22 (Hukov zakon)
 Pucanje, *23*
 Deformisanje, 22
Prividna dubina, 51
Prividno beстežinsko stanje, 19
Prividno zapreminsko širenje, *32*, 33
Privremeni magneti, 70 (Mekani feromagnetik)
Prizma, 51
Probna pločica, 57
Produkti fisije, 92 (Nuklearna fisija)
Profili brzine, *23*
Progresivni talasi, 34 (I)
Projekciona sočiva (projektor slajdova), *54*
Projektor za slajdove, 54
Prometijum (Pm), 112
Promjene stanja, 30
Promjenljivi kondenzator, 59, 110
Promjenljivi otpornik, 63, 110
Proporcionalan, 115
Proporcionalnost
Granica proporcionalnosti, 22 (Hukov zakon)
Proporcionalna granica, vidi Granica proporcionalnosti
Prosječna brzina, 10 (brzina)
Protaktinijum (Pa), 112
Protoni, 82
Provođenje (toplote), 28
Provodljivost (elektricitet), 62
 (toplota), 28 ,114
 Provodnik (provodnici)
 elektricitet ,56
 toplota, 28
 (provođenje)
Provodnik munje (gromobran), 57 (Munja)
Prvi zakon elektrostatike, 56
Prvi zakon magnetizma, 70 (Pol)
P-tip (poluprovodnik) 65 (Dodavanje primjesa)
Pulzirajući (Vulfov) elektroskop, 89
PWR, vidi Reaktor sa vodom pod pritiskom

Punotalasno ispravljanje, 65
Putujući talasi, vidi
Progresivni talasi

Q

Q-ljuska, 83 (Elektronske ljuske)

R

Računari, 111
Rad, 8, (l), 97
Radar, 45, (Mikrotalasi)
Raderford-Borov atom, 82
Radijum (Ra), 113
Radijus krivine (r), *48*
Radioaktivni niz, vidi
Nizovi raspada
Radioaktivni raspad, 87
Radioaktivno praćenje, 91
Radioaktivnost, *85*, 86-91
Radiodatiranje karbonom, 91
Radiograf
(gama-zraci), 91
(Gama-radiografija)
(X-zraci), *44*
Radiografija
Gama, 91
(X-zraci), *44*
Radioizotop, 86
Radiologija, 91
Radio-talasi, *44*, 45
Radioterapija, 91
Radon (Rn), 113
Raketni motor, 13
Rashladno sredstvo
(nuklearni reaktor), *94, 95*
Raspad (radioaktivni), 87
Alfa (α-raspad), 87
Beta (β-raspad), 87
Ravne talasne fronte, *34*
Ravni kalem, 74
Ravni namot, vidi ravni kalem
Ravno ogledalo, 47
Ravnoteža, 14-15
Dinamička, 14 (Ravnoteža)
Linearna, 15
Neutralna, 15
Rotaciona, 15
Stabilna, 15
Statična, 14 (Ravnoteža)
Toplotna, 28 (l)
Labilna, 15
Razlomci (jedinice), 96
Razrjeđenje (talasa), 35
Reakcija (e)
Lančana, 92 (Inducirana fisija)
D-T, *93, 94* (Fuzioni reaktor)
(sila) 13, (Treći Njutnov zakon)
Nuklearna, 92 (l), 94-95
Termonuklearna, 93
(Nuklearna fuzija)
Reaktansa, 64
Reaktor (nuklearni) 94, (l)
Reaktor sa gasnim
prethlađenjem (AGR), *95*
Reaktor (nastavak)
Brzi/Brzi oplodni reaktor
(FBR), 95
Fisija, 94
Fuzija, 94
Sa vodom pod pritiskom
(PWR), *95*
Termalni, 95
Realno zapreminsko širenje,
32, 33
Recipročan,115
Red veličine, 109
Regularno odbijanje, 46
Rektifikacija (ispravljanje)
Punotalasno, 65
Polutalasno, 65
Relativna atomska masa, 83
112-113
Relativna brzina, 11
Relativna gustoća, 24
Relej, 75, 110
Rendgenski zraci, vidi X-zraci
Renijum (Re), 113
Reostat, *63*
Reverberacija, 41
Reverzibilnost svjetlosti
Princip, 49, *50*
Rezervoar, za valove na vodi 36
Rezidualni (zaostali)
magnetizam, 70 (Mekani
feromagnetik)
Rezolucija (razlaganje), 108
Rezonancija, 17
Rezultanta (vektorske veličine)
108 (Pravilo paralelograma)
Rezultantna sila, *6*
Rezultantni momenat, 14
(Momenat)
Rodijum (Rh), 113
ROM, vidi Memorija koja se
samo čita
Rotacija, vidi Rotaciono kretanje
Rotaciona kinetička energija,
9 (Kinetička energija)
Rotaciono kretanje, 10 (l), 11
Rotaciona ravnoteža, 15
Rubidijum (Rb), 113
Rutenijum (Ru), 113

S

Samarijum (Sm), 113
Samoindukcija, 79
Samorazmagnetisanje, 71
Scintilacija (e)
45 (Fosforescencija)
90 (Brojač scintilacija)
Scintilacioni kristal
90 (Scintilacioni brojač)
Sekunda(e), 96
Sekundarna ćelija, 69
Sekundarne boje, *55*
Sekundarni kalem, 79
Sekundarno strujno kolo, *78*
Selen (Se), 113, 114
Sferna aberacija, 49
Sijalica (simbol), 110
SI-jedinice, 96-97
Osnovne, 96
Izvedene, 97
Sila (sile) 6-7, 97, 104-107
Centrifugalna, 17
Centripetalna, 17
Kompresije, 7
Kontaktna, 7
Dinamičkog trenja, 7
Električna, 6, 105, 107
Elektromagnetna, 6
Elektromotorna, (EMS), 60
Sila (nastavak)
Elektrostatička, 6
Sila trenja, 7
Gravitaciona, 6, 104, 106
Intermolekularna, 7
Granična sila trenja, 7
Linije, vidi linije sile
Magnetna, 6, 105, 107
Normalna kontaktna, 7,
(Koeficijent trenja)
Nuklearna, 7, 84
Rezultanta, *6*
Sila trenja klizanja, vidi
Dinamička sila trenja
Sila statičkog trenja, vidi
Granična sila trenja
Sila zatezanja, 7
Sila trenja, 7
Dinamička,7
Granična, 7
Klizanja, vidi
Dinamička sila trenja
Statička, vidi
Granična sila trenja
Silicijum (Si), 113, 114
Simbol(i), 96-97, 99, 110,
112-113
Sinterovan, 70 (Feromagnetičan)
Sinus, 115
Sinusiodalan (oblik talasa), *61*
Sistem, 115
Otklonski, *81*
Kotura, *20*, 21
Sjenka, 46 (Sjenka)
Sjeverni/koji se okreće ka
sjevernom polu
70 (Pol)
Skala
Apsolutna temperaturna, 27
Celzijusova, 27
Hromatska, *42*

Diatonska, *42*
Farenhajtova, 27
Muzička, 42 (Muzički zvuci)
Termodinamička, vidi
Apsolutna temperaturna skala
Vernierova, 100
Skalarna veličina, 108
Skaler, 89 (Gajgerov brojač)
Skandijum (Sc), 113
Sken, *91*
Skener, *91*
Skeniranje (ultrazvuk), *40*
41 (Eho)
Slabljenje, 35
Slika (Slike), 49
Realna, 49 (Slika)
Toplotna, 45
(Infracrveno zračenje)
Virtualna, 49 (Slika)
Slobodan pad, 19
Složeni mikroskop, 54
(mikroskop)
Slušalica, 75
Smjesa, 4 (Jedinjenje)
Snaga (P), 9, 97
(sočivo), 53
Uvećanje, vidi
Ugaono uvećanje
Snelov zakon, 50
Sočivo, 52, (l)
Ahromatsko, *54*, 55
(Hromatska aberacija)
Konkavno, *52*, 53
Konvergentno, 52
Konveksno, *52*, 53
Divergentno, 53
Okular, *54, 55*
Objektiv, *54, 55*
Projekciono, *54*
Solenoid, 74
Sonar, 41 (Eho)
Specifična težina, vidi
Relativna gustoća
Specifična latentna toplota (l), 30
Specifična latentna toplota
fuzije, 31, 114
Specifična latentna toplota
isparavanja, 31
Specifični otpor (ρ), 62, 114
Specifični toplotni kapacitet (c),
30, 114
Spektar, 115
Elektromagnetni, *44*
Vidljiva svjetlost, *54* (Boja), 55
Spektrometar, 54, (Boja)
Spontana fisija, 92
Spreg (sile), 14
Srednja dužina slobodnog puta, 5
Srednja kvadratna vrijednost, 61
(Naizmjenična struja)
Srednji položaj, 16, *34*
Stabilna ravnoteža, 15
Stacionarni talas, 43
Standardna ćelija, 69
Standardni oblik
(označavanje), 109
Standardni razlomci (jedinice), 96
Standardni umnošci (jedinice), 96
Stanje (a), 4-5, 30-31
Promjena stanja, 30
Energije, 84, (l)
Jednačina, vidi
Jednačina idealnog gasa
Gasovito, 5
Osnovno, 84 (l)
Tečno, 5
Čvrsto,5
Statička ravnoteža
14 (Ravnoteža)
Statička sila trenja, vidi
Granična sila trenja
Statički elektricitet, 56-57
Stojeći talas, vidi
Stacionarni talas
Stroncijum (Sr), 113
Strujno kolo (kola), 60, (l)
Integralno, 111, (logička kola)
Primarno, *78*
Sekundarno, *78*
(simboli) 110
Stvarna slika, 49 (Slika)
Stvarno beztežinsko stanje, 19
Subatomske čestice, 82 (l)
Subkritična masa, 93
(Kritičnamasa)
Sublimacija, 31
Subsonična brzina, 40
Subtraktivno miješanje, 55
(Miješanje boja)
Sumpor (S), 112
Superpozicija, 39
(Princip superpozicije)
Supersonična brzina,40
Susceptibilnost, 71
Suva ćelija, 69
Suvišno opterećenje, 20
Svjetlost, 46-55
Zakoni odbijanja, 46
Zakoni prelamanja, 50
Princip reverzibilnosti, 49, *50*
Odbijanje svjetlosti, 46-49
Prelamanje svjetlosti, 50-53
Vidljiva svjetlost, 45, 54-55
(Boja)

Š

Šent, paralelna veza, 77
(Ampermetar)
Šarlov zakon, 33
Širenje, 32-33
Anomalno, 33

T

Tabele istinitosti, 111
Tačka(e)
Antinodalna (antičvorna) vidi
Antičvorovi
Tačka kljućanja, 30
(Isparavanje), *31*
Fiksna tačka, 26
Fokalna, vidi Glavni fokus
Tačka mržnjenja, 30,
(Mržnjenje)
Leda, 26 (Fiksna tačka)
Donja fiksna, 26
(Fiksna tačka)
Topljenja, 30 (Topljenje)
Neutralna, 72
Nodalna (čvorna) vidi Čvorovi
Pare, 26 (Fiksna tačka)
Gornja fiksna, 26 (Fiksna
tačka)
Granica razvlačenja, 23
Tačka incidencije (Upada),
46, 50
Tačnost, 102-103
Talas(i), 34-35
Akustični, vidi Zvučni talasi
Koherentni, 38 (l)
Elektromagnetni, 34 (l), 44-45
Upadni, 36
Infrasonični, 40 (Infrazvuk)
Longitudinalni, 35
Mehanički, 34, (l)
Progresivni, vidi
Putujući talasi
Radio, *44*, 45
Odbijeni, 36 (Odbijanje)
Prelomljeni, 37 (Prelamanje)
Udarni, *40*
Zvučni, 40-43
Stojeći/Stacionarni, 43
Transverzalni, 34
Putujući, 34 (l)
Ultrazvučni, 40 (Ultrazvuk)
Talasna dužina, *34*
Talasna energija, 9
Talasna zona, *44*
(Elektromagnetni spektar)
Talasni front, 34
Kružni, *34*
Upadni, 36 (Upadni talas)
Ravni, *34*
Talijum (Tl), 113
Tangenta, 115
Tantalijum (Ta), 113, 114
Tečno stanje, 5
Tehnecijum, (Tc), 113
Teleskop, 55
Televizija, 81
Telur (Te), 113, 114
Tembr, 43 (Tipovi vibracija)
Temperatura, 26-27, 96
Kritična, 5
Temperaturna skala
Apsolutna/Termodinamička, 27

Temperaturni gradijent,
28 (Provodljivost)
Teorija
Domena (magnetizam), 71
Jonska (elektroliza), 66
Kinetička, 5
Kvantna, 85
Terbijum (Tb), 113
Teret, 20, (l)
Suvišno opterećenje, 20
Termalni reaktor, 95
Termistor, *27*, 65
Termoćelija, 29
Termodinamička temperaturna skala, vidi
Apsolutna temperaturna skala
Termojonska emisija,
80 (Elektronski top)
Termometar, 26
Klinički, *26*
Sa tečnošću, 26
Maksimalni, 27
Minimalni, 27
Otporni, 27
Termometarska osobina,
26 (Termometar)
Termonuklearne reakcije,
93, (Nuklearna fuzija)
Termopar, 27
Termostat, *32*
Težina, 18
Atomska, vidi
Relativna atomska masa
Težište, 10, (Centar mase)
Tipovi vibracija, 43
Titanijum (Ti), 113
Toplota, vidi Toplotna energija
Latentna (L), 30, *31*
Specifična latentna (l), 30
Toplotna energija, 9, 28-33
Toplotna energija, vidi
Unutrašnja energija
Toplotna energija zračenja
29 (Zračenje)
Toplotna provodljivost, vidi
Provodljivost (toplota)
Toplotna ravnoteža, 28, (l)
Toplotne slike, 45 (Infra-
crveno zračenje)
Toplotni kapacitet (C), 30
Specifični toplotni kapacitet (c),
30, 114
Topljenje, 30
Toričelijev vakuum, *25*
Torijum (Th), 113
Totalno pomračenje, *47*
Totalno unutrašnje odbijanje, 51
Transformacija
(atomska/nuklearna), *85*
(energija), vidi Konverzija
(Pretvaranje)
Transformator(i) 79, 110
Za smanjivanje, 79
Za povećavanje, 79
Translacija, vidi
Translatorno kretanje
Translaciona kinetička energija,
9 (Kinetička energija)
Translatorno kretanje, 10, (l)
Transmutacija, vidi
Transformacija
(atomska/nuklearna)
Transverzalni talasi, 34
Tranzistor(i), 65, 111
Efekat polja (simbol), 110
Tranzistor(i) (nastavak)
Npn, *65*, 110
Pnp, *65*, 110
Tranzistor sa efektom polja
(simbol),110
Trenutna brzina, 10 (Brzina)
Trenje, vidi Sila trenja
Koeficijent trenja
(dinamičkog,
graničnog), 7
Tulijum (Tm), 113
Turbina, *94*
Tvrdi feromagnetik (magneti), 70

U

Ubrzanje, 11, 97
Ugaono, 17
Centripetalno, 17
Linearno, 14 (l)
Jednoliko, 11 (ubrzanje)
Udari, 42
Udarni talas, *40*
Udoline (dno) (talasa), 34
U fazi (talasi), 38 (Faza)
Ugao (uglovi)
Kritički, 51
Vidni, 55
Ugao devijacije, *51*
Ugao odbijanja (r), *46*
Ugao prelamanja (r), *50*
Ugaona brzina, *17*
Ugaono ubrzanje, *17*
Ugaono uvećanje, 55
(Vidni ugao)
Ugljik, karbon (C), 112
Ulaz (input) (računari), 111
Ultravioletno zračenje (UV
zračenje), 44, *85*
Ultrazvučni talasi,
40 (ultrazvuk)
Ultrazvuk, 40
Ultrazvučno skeniranje, *40*
41 (Eho)
Umnošci (jedinice), 96
Unificirana jedinica atomske
mase (u)
83, (Relativna atomska masa)
Unutrašnja energija, 9
Unutrašnje odbijanje, 51
(Totalno unutrašnje odbijanje)
Unutrašnji otpor (r), 63
Upadni ugao, (i), *46, 50*
Upadni talas, 36
Upadni zrak, *46, 50*
Uran (U), 113
Uređaji za snabdijevanje el.
energijom, 61
Uređenost, 71 (Teorija domena)
Usijanje, 45 (Vidljiva svjetlost)
Usporenje, 11 (ubrzanje)
Uvećanje,
Ugaono, 55 (Vidni ugao)
Linearno, 49
UV zračenje, vidi
Ultravioletno zračenje
Uzajamna indukcija,78

V

Vaga sa oprugom, *22*
Vakuumska boca, 29
Vanadijum (V), 113
Van de Grafov generator, 57
Vanjska ljuska, 83
(Elektronske ljuske)
Vanjski namotaji
(elektromotor), 76
Varijabla(e), 98, 115
Vat (W), 9 (Snaga), 97
Veličine, 96-97, 113
Osnovne, 96
Izvedene, 97
Fizičke, 96 (l)
Skalarne, 108
Vektorske, 108
Veličina
Red veličine, 109
Vernierova skala, 100
Vernierovo mjerilo s
pomičnim kracima, 100
Vibraciona kinetička energija,
9 (Kinetička energija)
Vidljiva svjetlost, 45, 54-55 (Boja)
Vidni ugao, 55
Vilsonova maglena komora, *90*
Virtualna slika, 49 (Slika)
Visina (Korak-hod)
(Mehanički), 21
(dizalica sa navojima)
(zvuk), 42
Viskozitet, 23
Viši harmonici, 43
Tipovi vibracija
Vitstonov most, 63
Vjetar s kopna, *28*
Vlastita učestalost, 17
(Slobodne oscilacije)
Vlastiti period, 17
(Slobodne oscilacije)
Voda, 114
Volfram (W) 113,114
Volt (V), 58
(Potencijalna razlika), 97
Elektron (eV), 85

Megaelektron (MeV), 85
Voltmetar, 77, 110
Voltametar, 67
Bakarni, 67
Hofmanov, 67
Vremenska baza (kontrola osciloskopa), *81*
Vrhovi (talasa) vidi Bregovi
Vrijeme (t), *96*
Vrijeme poluraspada ($T_{1/2}$), 87
Vrtložna struja, 79

Z

Zakon(i)
Bojlov, 33
Šarlov, 33
Gas (zakoni), 33
Hukov, 63
Kirhofov, 63
Lencov, 78
Omov, 62
Gej Lisakov, 33
Snelov, 50
Zakon difuzije (Grahamov), 5
Zakoni elektrolize (Faradejevi), 67
Zakon elektrostatike (prvi). 56
Zakon gravitacije (Njutnov), 18
Zakon indukcije (Faradejev), 78
Zakoni kretanja (Njutnovi), 12-13
Zakoni odbijanja svjetlosti, 46
Zakoni o gasovima, 33
Zakon održanja energije, 8, (I)
Zakon održanja impulsa, 13
Zakoni prelamanja svjetlosti, 50
Zakrivljena ogledala, 48, (I)
Zakrivljenost
Centar (C), *48*, 52
Radijus (r), *48*
Zaokruživanje (brojeva), 103
Zapremina (V), 97, 101, 115
Zapremina vidi Zapreminsko širenje
Zapreminsko širenje (γ), 32
Zapreminsko širenje, vidi Kubno širenje
Zasićen (magnet), *71*
Zaštita (magnetizam), 73
Zaštita (nuklearni reaktor), *95*
Zatezanje
Površine, 23
Zavisna varijabla, *98*
Zemlja, (žice), *61*, 110
Zlato (Au), 112, 114
Značajni brojevi, 103
Zračenje, 9, 29
Pozadinsko, 88
Kosmičko, 88
Infracrveno (IR), *44*, 45
Ultravioletno (UV), 44, *85*
Zrak(ci)
Alfa (α-zraci), 86, (I)
Beta (β-zraci), 86, (I)
Katodni, 80-81
Kosmički, 86 (Radioizotop) 88 (Zračenje u prirodi-pozadinsko)
Kritični, 51 (Kritični ugao)
Gama (γ-zraci), 44, *85*, 86
Upadni, *46, 50*
(Svjetlost), 46, (I), 47-55
Odbijeni, *46*
Prelomljeni, *50*
Zupčanik, 21
Zvučnik, 76, 110
Zvučni talasi, 40-43
Zvučni udar, 40
Zvuk, 40-43
(muzički), 42-43
Brzina zvuka, 40

Ž

Željezo (Fe), 112, 114
Žice (simboli), 110
Živa (Hg), 112, 114

X

X-osa (grafikon), *98*
X-ploče (osciloskop) *81* (Otklonski sistem)
X-pomak (kontrola osciloskopa), *81*
X-radiografija, *44*
X-tačka presjeka (grafikon), *98*
X-zraci, 44, *85*

Y

Y-osa (grafikon), *98*
Y-ploče (osciloskop) *81* (Otklonski sistem)
Y-pomak (kontrola osciloskopa), *81*
Y-tačka presjeka (grafikon), *98*

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna i univerzitetna biblioteka Bosne
i Hercegovine
Sarajevo

53(038)

OXLADE, Chris

Usborneov ilustrovani rječnik fizike /
Chris Oxlade, Corinne Stockley i Jane
Wertheim ; dizajn Chris Scollen...[et al.]
saradnici na dizajnu Iain Ashman...[et
al.] ; naučni saradnici Tom Petersen...[et
al.] ; ilustracije Kuo Kang Chen...[et
al.] ; prevod Dragica Rihtman. - Sarajevo :
Svjetlost, 1990. - 128 str. : ilustr. u
bojama ; 21 cm

ISBN 86-01-02812-8

1. Stockley, Corinne 2. Wertheim, Jane

USBORNEOVI ILUSTRIRANI RJEČNICI

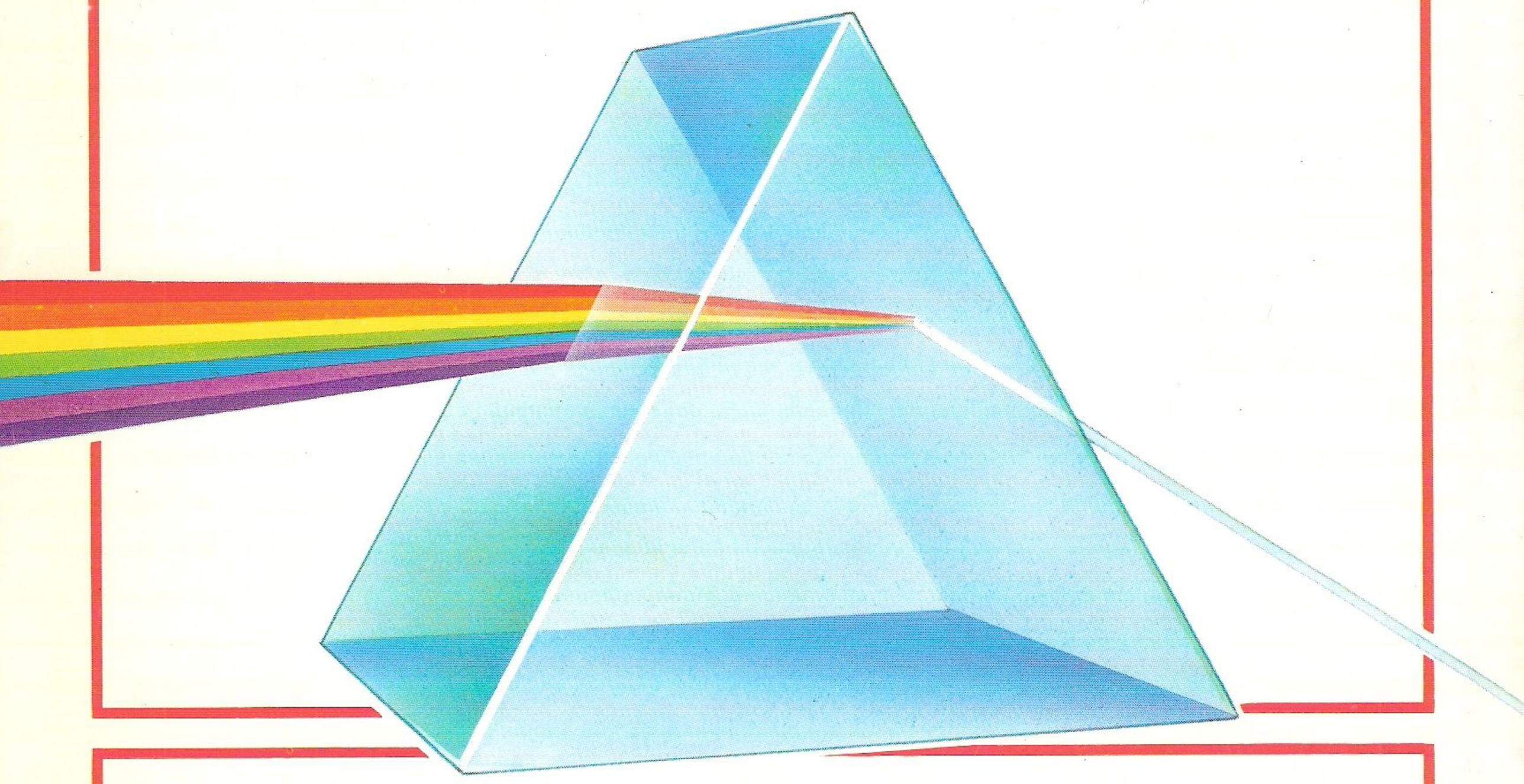
Usborneovi ilustrirani rječnici više su od običnih rječnika. Oni su bogato ilustrirani vodiči, koji daju ključne termine i pojmove iz svake pojedine oblasti. Svaka od tih knjiga tematski je obrađena, te su pojmovi objašnjeni u kontekstu, a definicije su potkrijepljene detaljnim ilustracijama radi boljeg razumijevanja. Pojmovi se lako nalaze uz pomoć indeksa na kraju knjige. Ove knjige su priređene uz konsultaciju stručnjaka, a posebno se vodilo računa o tome da termini budu logično predstavljeni. Definicije su pisane jasnim i jednostavnim jezikom, a tehnička terminologija je objašnjena svuda gdje god se javlja.

U ovoj seriji nalaze se i:

Rječnik za biologiju, Rječnik za hemiju

Ova tri rječnika objavljena su u zajedničkom tomu, pod naslovom:

Usborneov ilustrirani rječnik prirodnih nauka.



ISBN 86-01-02812-8

IZDAVAČKO PREDUZEĆE "SVJETLOST" SARAJEVO
ZAVOD ZA UDŽBENIKE I NASTAVNA SREDSTVA